

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**LÄMPÖKAMEROIDEN KÄYTTÖ HELIKOPTEREISSA**

Kandidaatintutkielma

Kadetti  
Lauri Holopainen

Kadettikurssi 93  
Rajavartiolaitoksen ohjaajalinja

Huhtikuu 2009

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Kadettikurssi 93	Rajavartiolaitoksen ohjaajalinja
Tekijä	
Kadetti Lauri Holopainen	
Tutkielman nimi	
Lämpökameroiden käyttö helikoptereissa	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Taktiikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika	Tekstisivuja Liitesivuja
Huhtikuu 2009	26 -
<b>TIIVISTELMÄ</b>	
<p>Lämpökamera on yleinen varuste nykyaikaisissa etsintä- ja pelastustehtäviin sekä sotilaskäyttöön tarkoitetuissa helikoptereissa. Tämän tutkielman päätarkoitus on selvittää, kuinka helikopteriin asennettu lämpökamera vaikuttaa sen suorituskykyyn eri tehtävissä. Aluksi käsitellään helikoptereiden tehtäviä rauhan ja sodan aikana sekä lämpökameran toimintaa ja suorituskykyä eri olosuhteissa. Tutkimus on rajattu käsittelemään vain Suomen valtion käytössä olevia Rajavartiolaitoksen ja Puolustusvoimien helikoptereita.</p>	
<p>Tutkimus on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus, ja tutkimusmenetelmänä on käytetty sisällönanalyysiä. Lähteinä on käytetty erilaisia kirjoja, muita julkaisuja ja tutkimuksia, Internet-sivuja sekä asiantuntijahaastattelua.</p>	
<p>Helikoptereita käytetään Suomessa varsinkin rauhan aikana hyvin monipuolisissa tehtävissä. Myös sodan aikana varaudutaan suorittamaan useita erilaisia tehtäviä. Lämpökameraa hyödynnetään lähinnä etsintä- ja pelastustehtävissä. Niiden prosentuaalinen osuus lentotunneista ei ole kovin suuri, mutta ne ovat usein kaikista tehtävistä haastavimpia suorittaa.</p>	
<p>Lämpökamera osoittautui tutkimuksen perusteella hyödylliseksi apuvälineeksi silmällä ja pimeänäkökiikareilla tähytämisen ohella. Lämpökameralla on kuitenkin monia heikkouksia, joista suurimpana sen herkkyyden vaihtelulle. Esimerkiksi sateessa ja sumussa lämpökameran suorituskyky heikkenee hyvin olennaisesti. Parasta aikaa lämpökameran käytölle on selkeä ja kylmä talvisää. Lämpökamera muodostaa kuvan pelkästään kappaleiden lähettämän lämpösäteilyn perusteella, mikä on erittäin pimeissä olosuhteissa etu valon vahvistamiseen perustuviin pimeänäkökiikareihin nähden.</p>	
Avainsanat	
lämpökamera, helikopteri, SAR	

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO</b>	1
1.1 Käsitteet	2
1.2 Tutkimusmenetelmät	3
1.3 Tutkimuksen rajaus	4
1.4 Tutkimusongelmat	5
<b>2 LÄMPÖKAMERALLA VARUSTETTUIJEN HELIKOPTEREIDEN TEHTÄVÄT SUOMESSA</b>	6
2.1 Rauhan aika	6
2.1.1. Rajavartiolaitoksen helikoptereiden tehtävät	6
2.1.2. Puolustusvoimien helikoptereiden tehtävät	9
2.2 Sodan aika	10
2.2.1. Helikoptereiden merkitys nykyaikaisessa sodankäynnissä	11
2.2.2. Kuljetushelikoptereiden tehtävät sodan aikana	12
<b>3 LÄMPÖKAMEROIDEN SUORITUSKYKY</b>	15
3.1 Olosuhteiden vaikutus lämpökameran suorituskykyyn	16
3.2 Maaston vaikutus lämpökameran suorituskykyyn	18
<b>4 LÄMPÖKAMERAN VAIKUTUS HELIKOPTERITEHTÄVIEN SUORITTAMISEEN</b>	20
4.1 Rauhan aika	21
4.2 Sodan aika	24
<b>5 YHTEENVETO</b>	25
<b>VIITTEET</b>	27
<b>LÄHTEET</b>	31

## **LÄMPÖKAMEROIDEN KÄYTTÖ HELIKOPTEREISSA**

### **1 JOHDANTO**

Lämpökamerat kuuluvat nykyään lähes jokaisen modernin sotilasilma-aluksen varustukseen. Niitä käytetään parantamaan ilma-alusten kykyä toimia pimeässä ja huonossa säässä eli niiden avulla ilma-alusten toiminta pyritään tekemään riippumattomaksi valaistus- ja sääolosuhteista. Lämpökamera on hyvin yleinen varuste sotilashelikoptereissa ja varsinkin etsintä- ja pelastuskäyttöön tarkoitetuissa siviilihelikoptereissa, mutta myös lentokoneissa.

Nykyaikaisissa armeijoissa joukkojen määrää vähennetään yhä enemmän ja jäljelle jäävien joukkojen liikkuvuutta, tilannetietoutta ja tulivoimaa lisätään. Asevoimien "terävin kärki" muodostuu yleisesti suuressa toimintavalmiudessa olevista välittömän ja nopean toiminnan joukoista. Maavoimien suorituskyvystä arvioidaan tulevaisuudessa noin kolmasosan muodostuvan helikopterijoukoista tai niiden avulla kuljetettavista joukoista. Ilma-aseen lisääntyvän käytön myötä iskut voidaan suunnata miehittämättömien alueiden kautta.<sup>1</sup>

Sotilashelikoptereihin asennetuilla lämpökameroilla voidaan entisestään lisätä helikopterijoukkojen suorituskykyä. Lämpökameraa voidaan käyttää apuna huonoissa sää- tai valaistusolosuhteissa lentämiseen, mutta sen avulla voidaan myös etsiä esimerkiksi heittoistuinhypyn tehnyttä lentäjää. Aihe on ajankohtainen Puolustusvoimissa, koska kaikki 20 uutta NH90-helikopteria varustetaan lämpökameroilla.

Rauhan aikana lämpökamera on erityisen käyttökelpoinen etsintä- ja pelastusoperaatioissa, ja se löytyykin kaikista tähän käyttöön Suomessa tarkoitetuista helikoptereista. Lämpökameran avulla pelastushelikopterien toiminta pyritään tekemään riippumattomaksi valaistus- ja sääolosuhteista, esimerkiksi yöllä kadonneen etsiminen metsästä tai merestä voi helpottua huomattavasti lämpökameran avulla.

Ensimmäinen lämpökamera tuli myyntiin vuonna 1965, ja se oli tarkoitettu voimalinjojen tarkastuksiin<sup>2</sup>. Ilma-aluksissa tekniikka yleistyi huomattavasti myöhemmin. Viime vuosina lämpökameroiden suosiota on lisännyt myös suuri hintojen lasku uuden yksinkertaisemman teknologian vuoksi.

## 1.1 Käsitteet

*Lämpökamera* on on laite, joka muodostaa kuvan esineen tai olennon pintalämpötilasta sen lähettämän infrapunasäteilyn perusteella samaan tapaan kuin tavallinen kamera muodostaa kuvan näkyvän valon perusteella. *FLIR (Forward Looking Infrared)* on lämpökamerasta yleisesti käytetty nimitys.

*SAR-toiminnalla (Search and Rescue)* tarkoitetaan kadonneitten ja hädässä olevien paikantamista ja pelastamista.

*Vartiolentolaivue* on Rajavartiolaitoksen lentotoiminnasta vastaava yksikkö, jolla on käytössään tällä hetkellä yhteensä 11 helikopteria. Vartiolentolaivue koostuu Turun, Rovaniemen ja Helsingin vartiolentueista.<sup>3</sup>

*Tiedustelu* määritellään seuraavasti: omaan suunnitteluun ja toimintaan vaikuttavien, erityisesti vihollista ja maastoa koskevien, tietojen hankkimista, kokoamista, tulkintaa, arviointia ja tarvitsijoille toimittamista.<sup>4</sup>

*NH90* on moderni eurooppalainen kuljetushelikopteri, joita Suomi on tilannut 20 kappaletta. Ensimmäinen kopteri luovutettiin Utin Jääkäriyrykmentin käyttöön maaliskuussa 2008.<sup>5</sup>

*Aerospatiale As. 332L1 "Super Puma"* on kaksimoottorinen keskiraskas meripelastushelikopteri. Turun vartiolentueella on käytössään kolme Super Pumaa. Super Pumassa on jäänestojärjestelmä moottoreissa ja lavoissa, joten se kykenee toimimaan myös jäätävissä olosuhteissa.<sup>6</sup>

*Bell/Agusta Bell 412* on kaksimoottorinen kevyt helikopteri. Helsingin vartiolentueessa on kolme ja Rovaniemen vartiolentueessa kaksi 412:ta. Bell 412 on myös mittarilentokelpoinen, mutta siinä ei ole jäänpoistojärjestelmää.<sup>7</sup>

*Agusta Bell 206 Jet Ranger* on kevyt yksimoottorinen helikopteri, joita on käytössä Rovaniemen vartiolentueessa kaksi ja Helsingissä yksi. Sen päätehtävänä on rajavartiointi maa-alueilla. Jet Ranger ei ole mittarilentokelpoinen, eikä sillä voi toimia jäätävissä olosuhteissa. Nykyisin sitä ei käytetä enää myöskään yölentotehtävissä.<sup>8</sup>

*Valmiusyhtymällä* tarkoitetaan Puolustusvoimien rauhan ajan joukko-osastoa, joka pitää yllä korkeaa valmiutta. Valmiusyhtymien perustamilla joukoilla luodaan yhdessä muiden joukkojen kanssa poliittis-sotilaallisen painostuksen sekä strategisen ennalta ehkäisyn ja torjunnan valtakunnallinen kyky. Maavoimien valmiusyhtymiä ovat Porin Prikaati, Kainuun Prikaati ja Karjalan Prikaati.<sup>9</sup>

*Valonvahvistimella eli NVG-kiikareilla (Night Vision Goggles)*, tarkoitetaan laitetta, jolla voidaan vahvistaa valoa kameralle tai kiikareille pimeissä olosuhteissa. Helikopterilentäjät käyttävät kypärään asennettuja pimeänäkökiikareita. Valonvahvistimen kuva on vihreän sävyinen.<sup>10</sup>

## 1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pyritään yleensä kuvaamaan jotakin tapahtumaa, ymmärtämään tiettyä toimintaa tai antamaan teoreettisesti mielekäs tulkinta jostain ilmiöstä. Tutkimuksen onnistumisen kannalta on tärkeää kerätä riittävä määrä laadukasta aineistoa. Aineiston määrällä ei ole yhtä suurta merkitystä kuin kvantitatiivisissa menetelmissä tutkimuksen luotettavuuden kannalta, mikäli käytettävät lähteet ovat laadukkaita. Aineistoa on kvalitatiivisessa tutkimuksessa riittävästi, kun uudet lähteet eivät enää tuota tutkimusongelman kannalta tärkeää tietoa.<sup>11</sup>

Tutkimusmenetelmänä käytetään tässä tutkimuksessa sisällönanalyysia, eli lähdemateriaalia käydään kriittisesti läpi ja sen antamia tietoja vertaillaan. Tämän pohjalta muodostetaan käsitys tutkittavasta asiasta. Laadullinen analyysi koostuu kahdesta vaiheesta, havaintojen pelkistämisestä ja arvoituksen ratkaisemisesta. Käytännössä nämä vaiheet sitoutuvat aina toisiinsa. Aineistoa tarkastellessa tulee pitää jatkuvasti mielessä näkökulma, mikä on juuri omien tutkimusongelmien kannalta olennaista. Näin saadaan rajattua aineistoa hieman selkeämmäksi, jonka jälkeen havainnoista tulisi löytää yhdistävät tekijät, eli yhdistää monista lähteistä saadut havainnot yhdeksi tai muutamaman havainnon joukoksi. Tarkoitus ei kuitenkaan ole kvantitatiivisten tutkimusten tapaan määritellä keskivertoa, koska laadullisissa analyysissa

yksikin poikkeus kumoaa säännön ja pakottaa miettimään asiaa uudestaan. Laadullisessa tutkimuksessa arvoituksen ratkaisu taas merkitsee sitä, että tuotettujen johtolankojen ja käytettävissä olevien vihjeiden pohjalta tehdään merkitystulkinta tutkittavasta ilmiöstä.<sup>12</sup>

Kirjallisten lähteiden tutkimisen lisäksi suoritettiin yksi asiantuntijahaastattelun. Vastaajana oli Teijo Jalonen Helsingin Vartiolentueesta. Haastattelun tarkoituksena oli saada käytännön näkökulmaa tutkimusongelmiin, koska merkittävä osa käytetystä lähdemateriaalista oli joko suoraan lämpökameravalmistajien tuotteistaan antamia tietoja tai näiden tietojen pohjalta tehtyjä artikkeleita. Haastattelulla yritettiin erityisesti varmistaa, että nämä teoreettiset tiedot pitäisivät paikkansa myös käytännössä.

Tutkimuksen näkökulmana on tutkimusongelma: Miten helikopteriin asennettu lämpökamera vaikuttaa eri tehtävien suorittamiseen? Näkökulma määrittää lähdeaineiston analyysia ja havaintojen keruuta. Havaintoja vertailemalla ja yhdistelemällä muodostuu asiasta kokonaiskuva, jota tulkitsemalla tutkimuksen tulokset syntyvät.

### **1.3 Tutkimuksen rajaus**

Helikopterin suorituskyky on tehtävästä riippumatta niin sodan kuin rauhankin aikana monien tekijöiden summa. Siihen vaikuttavat aina muun muassa käytettävissä oleva helikopterityyppi ja siihen asennetut varusteet, miehistön lukumäärä, koulutus, asenne sekä lentotoiminnassa aina erityisen merkitykselliset sää- ja valaistusolosuhteet.

Tässä tutkielmassa keskitytään pohtimaan, kuinka helikopteriin asennettua lämpökameraa hyödynnetään eri tehtävissä sekä kuinka se vaikuttaa tehtävän suorittamiseen. Aihetta käsitellään Suomen valtion eli Puolustusvoimien tai Rajavartiolaitoksen käytössä olevien helikopterityyppien näkökulmasta, eli esimerkiksi taisteluhelikoptereihin asennetut lämpökamerat eivät ole tässä tutkimuksessa mukana, koska niitä ei tällä hetkellä edes suunnitella Puolustusvoimien käyttöön. Yksityisten siviiliyrityksien käytössä olevilla SAR-helikoptereilla lämpökameroiden käyttötarkoitus on hyvin samankaltainen kuin Rajavartiolaitoksen helikoptereilla, joten niitäkään ei erikseen tässä tutkimuksessa käsitellä.

## 1.4 Tutkimusongelmat

Tutkimusongelma ja tutkimuksen pääkysymys on:

- Miten helikopteriin asennettu lämpökamera vaikuttaa eri tehtävien suorittamiseen?

Tutkimuksen pääkysymyksestä johdetut alakysymykset ovat:

- Mitä tehtäviä lämpökameralla varustetuilla helikoptereilla Suomessa suoritetaan rauhan aikana?
- Mitä tehtäviä Suomi valmistautuu helikoptereilla sodan aikana suorittamaan?
- Millainen suorituskyky nykyaikaisella lämpökameralla on?



## **2 LÄMPÖKAMERALLA VARUSTETTUIJEN HELIKOPTEREIDEN TEHTÄVÄT SUOMESSA**

### **2.1 Rauhan aika**

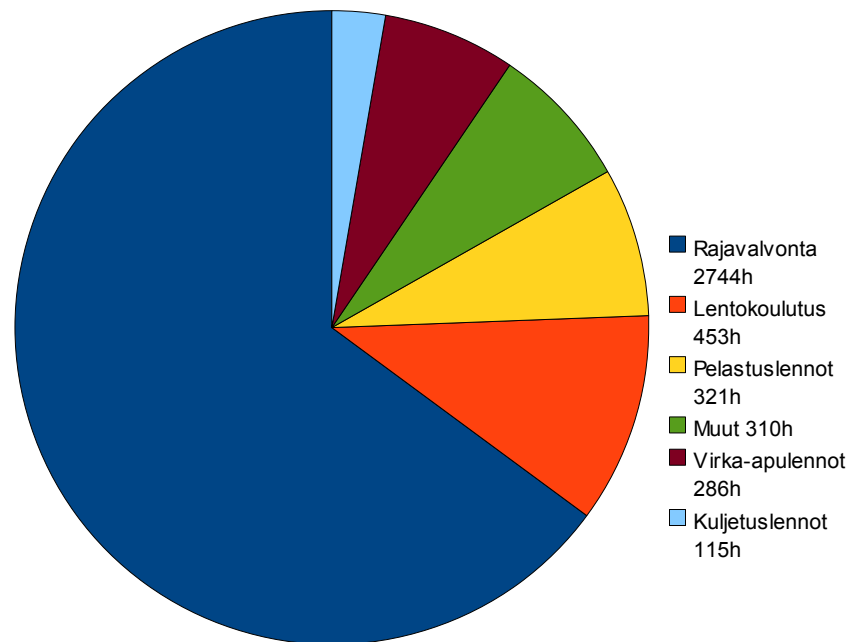
Rauhan aikana Suomen valtiolla on helikoptereita sekä puolustusministeriön (Puolustusvoimien) että sisäministeriön (Rajavartiolaitoksen) alaisuudessa. Suurin käytännön lentotoiminnan kannalta on siinä, että Rajavartiolaitoksen ilma-alukset ovat siviilirekisterissä ja toimintaa valvoo Ilmailuhallinto, kun taas Puolustusvoimien helikopteritoimintaa valvoo sotilasilmailuviranomainen ja ne ovat sotilasilma-alusrekisterissä. Tietenkin myös tehtäväkenttä vaihtelee toimijan mukaan.

Kaikki Puolustusvoimien helikopterit ovat sijoitettu Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoonaan. Ilmavoimiin aikaisemmin kuulunut Helikopterilentue siirrettiin 1.1.1997 maavoimien alaisuuteen. Uusimuotoisen helikopteritoiminnan vaatimusten mukaisesti Helikopterilentue muutettiin 1.1.2001 Helikopteripataljoonaksi.<sup>13</sup>

Rajavartiolaitoksen lentotoiminnasta vastaa itsenäinen hallintoyksikkö Vartiolentolaivue. Se koostuu Helsingissä sijaitsevasta esikunnasta sekä kolmesta vartiolentueesta: Helsinki, Turku ja Rovaniemi.<sup>14</sup> Kaikissa vartiolentueissa on jatkuva päivystysvalmius tilanteenmukaisiin tehtäviin, mikäli rajatilanne, meripelastustehtävät tai muut kiireelliset tehtävät sitä edellyttävät.<sup>15</sup> Virka-aikana lähtövalmius on käytännössä 10-15 minuuttia, virka-ajan ulkopuolella 45-60 minuuttia.<sup>16</sup>

#### **2.1.1 Rajavartiolaitoksen helikoptereiden tehtävät**

Vartiolentolaivueen ensisijainen tehtävä on rajavalvonta merellä ja maalla, ja siihen käytetäänkin yli puolet kokonaislentotunneista. Lisäksi se suorittaa seuraavia tehtäviä: meripelastus ja muu pelastustoiminta (SAR-toiminta), virka-aputehtävät muille viranomaisille, valtionjohdon kuljetukset, ympäristön valvonta sekä lentokoulutus.<sup>17</sup>



Kuva 1. Vartiolentolaivueen lentotunnit 2007 (4 299h)<sup>18</sup>

Lämpökamera on Rajavartiolaitoksen helikoptereista asennettu Rovaniemen ja Helsingin vartiolentueiden päivystyskäytössä oleviin Agusta Bell 412-koptereihin sekä Turun vartiolentueen Super Puma-koptereihin. Ne ovat molemmat kahdella suihkuturbiinimoottorilla varustettuja helikoptereita. Agusta Bell 412:ssa on neljän hengen miehistö: kaksi lentäjää (ilma-aluksen päällikkö ja perämies), lentomekaanikko sekä pintapelastaja. Super Puman miehistön kokoonpano on muuten samanlainen, mutta pintapelastajia on kaksi.<sup>19</sup> Koska näillä helikoptereilla operoiminen on huomattavan kallista, maarajan valvonta suoritetaan pääasiassa kevyellä Agusta Bell 206-kalustolla, jossa lämpökameraa ei ole. Merialueiden valvonta ja muut lennot meren päällä on suoritettava ilmailumääräysten mukaan monimoottorisilla helikoptereilla, mikäli lentoa ei suoriteta sellaisella etäisyydellä pakkolaskuun soveltuvasta maa-alueesta, että moottorihäiriön sattuessa lasku sinne on mahdollinen.<sup>20</sup> Tätä määräystä sovelletaan ansiolentotoimintaan sekä järjestettyyn etsintä- ja pelastuspalvelutoimintaan.

Agusta Bell 206-kaluston seuraajaksi on tilattu kolme kappaletta Agusta Westland 119 Koala-helikoptereita. Niiden käyttömahdollisuudet tulevat olemaan huomattavasti 206:sta monipuolisemmat huomattavasti paremman suorituskyvyn vuoksi. Lämpökameraa ei ainakaan tämän hetken tietojen mukaan Koalaan ole kuitenkaan tulossa, mutta sen sijaan

varustukseen kuuluu pimeänäkökiikarit. Uudet helikopterit saadaan operatiiviseen käyttöön näillä näkymin vuodesta 2010 lähtien.<sup>21</sup>

Rajavalvontalennolla on ilma-aluksen päällikön tärkein tehtävä lentää konetta tarkasti ja turvallisesti pysyen Suomen valtakunnan alueella. Lentomekaanikko ja pintapelastajat tähyttävät sekä kirjaavat valvontatietoja. Agusta Bell 206-kalustolla lennetyillä rajavalvontalennolla koneen miehistöön kuuluu vain yksi lentäjä sekä mekaanikko. Rajatilanteen seurantalennolla lennetään 300-1000 metrin korkeudessa, varsinaisilla rajantarkastuslennolla huomattavasti alempanakin.<sup>22</sup>

Meripelastuksesta vastaa Suomessa Rajavartiolaitos, ja sitä johdetaan meripelastus- ja meripelastuslohkokeskuksista silloin kun onnettomuudessa on ihmishenkiä tai ympäristö vaarassa.<sup>23</sup> Meripelastusjohtaja hälyttää tarvittaessa tehtävään meripelastushelikopterin. Lämpökameraa käyttää Rajavartiolaitoksen meripelastushelikoptereissa yleensä mekaanikko. Ainoastaan yhdessä Agusta Bell 412-helikopterissa lämpökameran kuva on lentäjien käytettävissä, eikä siinä yksilössä mekaanikolla ole mahdollisuutta lämpökameran käyttöön, koska sen käyttölaitteet on suuren tilantarpeen vuoksi poistettu matkustamosta. Lämpökameran kuvaa voi käytännössä tarkastella pelkästään koneen perämies, ja hänenkin on valittava joko tutka- tai lämpökamerakuva, koska ne tulevat samalle näytölle.<sup>24</sup>

Maa-alueiden yllä tapahtuvat SAR-lennot ovat useimmiten virka-apulentoja. Etsinnöistä vastaava poliisi tekee pyynnön lentopelastuskeskukselle, mikäli sillä arvioidaan saatavan merkittävää apua. Käytettävän ilma-aluksen tyyppin (lentokone vai helikopteri) ratkaisee lentopelastuskeskus.<sup>25</sup> Mikäli päätetään käyttää lentokonetta, tehtävään kutsutaan useimmiten vapaaehtoinen SAR-koulutuksen saanut miehistö ja tehtävään soveltuva lentokone jostain lentokerhosta. Käytettävissä on valtion omien helikopterien lisäksi mahdollisesti myös yksityisiä pelastushelikoptereita, joiden päärahoittajana toimii Raha-automaattiyhdistys.

Vartiolentolaivue suorittaa poliisille myös muunlaisia virka-aputehtäviä. Esimerkiksi ETYJ-huippukokouksen aikana suoritettiin partiointia RVL:n kalustolla, ja poliisin erityiskoulutuksen saanutta henkilöstöä (Karhu-ryhmä) kuljetetaan tarvittaessa helikopterilla. Kauhajoen ampumatapausten yhteydessä RVL:n helikoptereita oli useampi paikalla kuljetustehtävissä. Rajavartiolaitoksen helikoptereita on käytetty myös apuna rikollisten ja väkivaltaisten henkilöiden kiinniotoissa.<sup>26</sup>

Lisäksi helikoptereita on käytetty metsäpalon sammutustehtävissä ilmasta laukaistavalla ja veden pinnasta tankattavalla sammutusvesisäiliöllä varustettuna<sup>27</sup>. Lain mukaan Rajavartiolaitos voi suorittaa myös kiireellisen sairaankuljetuksen, jos siitä vastaava viranomais tai sairaankuljetuspalvelun tarjoaja ei voi suorittaa kuljetusta pelastumisen vaarantumatta.<sup>28</sup> Käytännössä Vartiolentolaivue hoitaa tarvittaessa kiireellisiä sairaankuljetuksia ulkosaaristosta, merellä olevista aluksista sekä Lapissa myös erämaasta.

Ympäristövalvontaa Rajavartiolaitoksen ilma-aluksista suorittaa ensisijaisesti Turun vartiolentueen Dornier-merivalvontalentokone, mutta se on myös yksi helikoptereiden tehtävistä partiolennoilla. Ympäristönvalvonnalla tarkoitetaan pääasiassa öljypäästöjen etsimistä, mutta myös esimerkiksi sinilevätilanteen tarkkailua. Helikoptereilla käydään tarvittaessa ottamassa näyte Dornierin havaitsemasta öljy- tai muusta kemikaalipäästöstä.

### **2.1.2 Puolustusvoimien helikoptereiden tehtävät**

Helikopteripataljoona ylläpitää lentovalmiutta, suorittaa Puolustusvoimien tukilentoja, kouluttaa toiminnan edellyttämää henkilöstöä sekä antaa virka-apua eri viranomaisille. Lisäksi Helikopteripataljoona kehittää lento-ohjelmia, koulutusohjeita ja helikopteritaktiikkaa ja -tekniikkaa sekä antaa tekniselle henkilökunnalle tyyppi- ja jatkokoulutusta.<sup>29</sup> Tukilennot käsittävät henkilö- ja materiaalikuljetusten lisäksi mm. ulkopuolisten kuormien (ajoneuvot, tykit, rakennustarvikkeet jne.) nosto- ja kuljetustehtävät sekä laskuvarjopudotus- ja köysilaskeutumislentoja.<sup>30</sup>

Käytännössä Puolustusvoimien helikopteritoiminnan tärkein tehtävä on joukkojemme koulutuksen tukeminen kriisiajan tehtävien toteuttamiseksi yhteistoiminnassa eri johtoportaiden ja joukkojen kesken. Tärkeimmät tuettavat joukot ovat Utin Jääkärirykmentissä koulutettavat erikoisjoukot, valmiusyhtymät ja ilmatorjuntajoukot. Koulutuksen tavoitteena on:

- opettaa eri tasoilla toimivat johtajat suunnittelemaan ja johtamaan operaatioita, joissa käytetään helikoptereita
- totuttaa joukot toimimaan helikopterien kanssa
- kouluttaa ilmatorjuntajoukoille helikopterien toimintatapoja sekä opettaa ilmatorjunnan johtajille yhteistoimintaa helikopterien kanssa.<sup>31</sup>

Lisäksi omien helikopterien kanssa toteutettujen harjoitusten kautta joukot harjaantuvat toimimaan myös vihollisen helikopterien vaikutuspiirissä.<sup>32</sup> Erikoisjoukkojen suorituskykyä ja valmiutta kehitetään ottaen huomioon myös kansainvälisen kriisinhallinnan asettamat vaatimukset.

Puolustusvoimien helikopteritoiminta on suuressa murroksessa, kun uusia NH90-helikoptereita ollaan ottamassa käyttöön. Toukokuussa 2008 Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoonalle oli luovutettu kaksi uutta kopteria ja yhteensä niitä on tilattu 20. NH90-helikopteriin asennettavan laajakulmaisen lämpökameran kuva voidaan heijastaa ohjaajan kypäränäytölle, ja se ohjautuu pään liikkeiden mukaan.<sup>33</sup> Käytöstä poistuvassa MI-8-kalustossa ei lämpökameraa ole, joten toistaiseksi Helikopteripataljoona ei ole päässyt lämpökameralla varustettuja helikoptereilla tositilanteissa operoimaan.

NH90-helikopterien tuleva käyttö rauhan ajan tehtävissä ei ole vielä täysin muotoutunut, mutta vuonna 2010 Helikopteripataljoona siirtyy todennäköisesti ympärivuorokautiseen valmiuspäivystykseen.<sup>34</sup> Tärkeimpiä virka-aputehtäviä tulevat olemaan etsintä- ja pelastustehtävien lisäksi muiden turvallisuudesta vastaavien viranomaisten kuljetus- ja valvontatehtävät.<sup>35</sup> Virka-aputehtävien lisäksi Helikopteripataljoonalla tulisi olla vuoden 2010 loppuun mennessä operatiivinen valmius valmiusprikaatien, maavoimien erikoisjoukkojen sekä meri- ja ilmavoimien tukemiseen.<sup>36</sup>

## **2.2 Sodan aika**

Rajavartiolaitos ylläpitää ja kehittää puolustusvalmiutta yhdessä Puolustusvoimien kanssa. Puolustusvalmiuden vaatiessa rajajoukot tai niiden osia voidaan tasavallan presidentin asetuksella liittää puolustusvoimiin. Tämä on tarkoituksenmukaista tehdä siinä vaiheessa, kun valtakunnan alueelle kohdistuu suoranaista sotilaallista voimankäyttöä.<sup>37</sup>

Koska Rajavartiolaitoksen helikopterit ovat ominaisuuksiltaan samankaltaisia kuin Puolustusvoimien kuljetushelikopterit, ja Vartiolentolaivue tullaan liittämään kriisin kehittyessä Puolustusvoimien alaisuuteen, niiden sodan ajan tehtäviä ei tässä eritellä, vaan helikoptereiden sodan ajan merkitystä ja kuljetushelikoptereiden käyttöä käsitellään yleisellä tasolla. Sodan aikana Rajavartiolaitoksen helikopterien käytön painopiste kuitenkin pysyisi samankaltaisissa tehtävissä kuin tälläkin hetkellä, erityisesti meripelastuksessa, koska muita yhtä koulutettuja miehistöjä näihin tehtäviin ei Suomessa ole.

### 2.2.1 Helikoptereiden merkitys nykyaikaisessa sodankäynnissä

Kylmän sodan päättymisen myötä on maailman asevoimien kokonaisvahvuutta supistettu merkittävästi. Joukkojen määrän vähenemistä kompensoidaan lisäämällä jäljelle jääneiden joukkojen liikkuvuutta, tilannetietoutta ja tulivoimaa. Asevoimien "terävin kärki" muodostuu yleisesti suuressa toimintavalmiudessa olevista välittömän ja nopean toiminnan joukoista. Maavoimien suorituskyvystä arvioidaan tulevaisuudessa noin kolmasosan muodostuvan helikopterijoukoista tai niiden avulla kuljetettavista joukoista. Ilmaelementin lisääntyvän käytön myötä iskut voidaan suunnata miehittämättömien alueiden kautta.

2020-luvulla ilmaelementin käytön lisääntymisen myötä maavoimien perinteinen kaksiulotteinen taistelulentä muuttuu kolmiulotteiseksi taistelutilaksi. Maa- ja ilmakomponentin vaikutus yhdistetään operatiivisella tasolla ja niiden toiminta-alueiden väliset rajat hämärtyvät. Taistelutilan tiheys vaihtelee, se on epälineaarinen, sirpaloituneen hajanainen ja syvyydeltään satoja kilometrejä. Taistelut tulevat koostumaan tuli-iskuista ja lukuisista saman aikaisista taktisen tason yhteenotoista taistelutilan koko syvyydessä ja ilmatilassa. Operaatioita suoritetaan yöstä päivää ja kaikenlaisissa sääolosuhteissa.<sup>38</sup>

Maasodankäynnin liikkuvuuden kannalta ovat kaksi merkityksellisintä keksintöä olleet panssarivaunut ja helikopterit. Toisen maailmansodan jälkeen helikopterit ovat muodostuneet lentokoneita tärkeämmiksi välineiksi taistelulentä kuljetuksissa ja lähitulituessa. Helikopterien myötä maasodankäynti on muuttunut kolmiulotteiseksi. Jo 1980-luvun puolivälissä venäläiset sotilastutkijat arvioivat, että 2000-luvulla yli kolmannesta maajoukoista kuljetetaan helikoptereilla.<sup>39</sup>

Helikopterijoukot ovat Suomella pääasiassa strategiselta iskulta puolustautumista varten. Niitä voitaisiin käyttää myös laajamittaisen hyökkäyksen torjuntaan, mutta tällöin niiden merkitys olisi pienempi. Vuonna 2004 julkaistun valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisen selonteon mukaan Suomeen tällä hetkellä kohdistuvat puolustuksen suunnittelussa käytettävät kriisi- ja uhkamallit ovat:

- alueellinen kriisi, jolla voi olla vaikutuksia Suomeen
- poliittinen, taloudellinen ja sotilaallinen painostus, johon voi liittyä sotilaallisella voimalla uhkaamista sekä sen rajoitettu käyttö ja
- sotilaallisen voiman käyttö, joka voi olla strateginen isku tai strategisella iskulla alkava hyökkäys alueiden valtaamiseksi.<sup>40</sup>

Hyökkäykseen alueiden valtaamiseksi liittyy kaikkien puolustushaarojen vahva voimankäyttö, mutta strategisissa iskuissa käytettävien joukkojen määrä on laaja-mittaiseen konventionaaliseen sotaan verrattuna pienempi, mikä johtaa joukkojen vastuualueiden laajenemiseen. Esimerkiksi Prikaati 2005:n vastuualue on arvioitu olevan strategisen iskun aikana kymmenen kertaa niin suuri kuin laajamittaisessa sodassa. Helikoptereiden tarjoama liikkuvuus on äärimmäisen tärkeää laajojen vastuualueiden hallinnassa.

Kun helikopterit taistelukentällä yleistyvät, myös niiden välisten taisteluiden todennäköisyys kasvaa. Suomen kuljetushelikopterien sodan ajan käytölle asettaakin rajoituksia saattohelikoptereina käytettävien taisteluhelikoptereiden puute. Ilman niitä vain ovikonekiväärein aseistettuja NH90-helikoptereita on tuskin mahdollista käyttää edes normaalin ilmauhan alaisena, vaikka käytettäisiinkin äärimmäisen matalien lentokorkeuksien ja huonon näkyvyyden tarjoamaa suojaa.<sup>41</sup>

Taisteluhelikoptereita ehdotettiin alun perin hankittavaksi Suomeen kuljetushelikoptereiden yhteydessä, mutta eduskunta ei hyväksynyt esitystä. Vuoden 2004 turvallisuus- ja puolustuspoliittista selontekoa varten teetetyssä iskukykytutkimuksessa taisteluhelikopteri todettiin liian kalliiksi järjestelmäksi ja päädyttiin enää esittämään ilmasta-maahan-aseistuksen hankkimista Horneteihin. Samassa tutkimuksessa esitettiin myös hankittavaksi raskasta raketinheitinjärjestelmää sekä tykistön erikoisampumatarvikkeita.

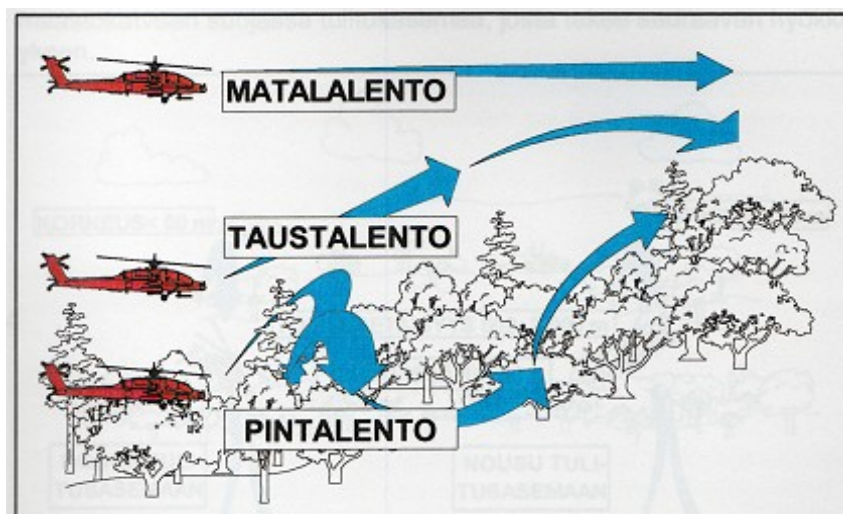
### **2.2.2 Kuljetushelikoptereiden tehtävät sodan aikana**

Koska Suomella ei ole saattohelikoptereita, ovat kuljetushelikoptereiden tehtävät sodan aikana rajoitettuja. Kuljetushelikoptereilla pystytään kuitenkin tukemaan maanpuolustus- ja meripuolustusalueiden operatiivisia siirtoja sekä tukemaan tärkeimpien yhtymien huoltoa materiaalikuljetuksin ja haavoittuneiden evakuoinnein. Tehtävät voidaan toteuttaa vain yhtymän huoltokeskuksen tasalta taaksepäin. Mikäli merkittävä riskitaso hyväksytään, voidaan suorittaa yksittäislentoina toteuttaa myös taistelun alueen etsintä- ja pelastustehtäviä (CSAR).<sup>42</sup>

Valtioneuvoston esityksen mukaan hankitut kuljetushelikopterit mahdollistavat kullekin valmiusyhtymälle noin komppanian kokoisen osaston ja tärkeiden asejärjestelmien nopeat siirrot. Helikopterikuljetuksin on tarkoitus siirtää lähinnä valmiusyhtymien tiedustelu-, panssarintorjunta- sekä ilmatorjuntayksiköitä.<sup>43</sup>

Helikoptereita käytetään näiden joukkojen riittävän liikkuvuuden turvaamiseen. Helikopterikuljetukset mahdollistavat toiminnan käynnistämisen nopeasti ja tärkeimpien joukkojen ryhmittämisen keskeisille alueille joustavasti. Helikoptereita käytetään sodan uhan alla aluevalvontaan, tiedusteluun, liikekannallepanon suojaamiseen tärkeimpien perustamiskeskusten alueella sekä joukkojen siirtämiseen. Mikäli vihollinen suorittaa strategisen iskun, valmiusyhtymä rajoittaa ja torjuu maahanlasku-, maihinnousu- tai erikoisjoukkojen operaatioita. Strategisen iskun torjuntatehtävissä helikopterein kuljetetaan ainakin pataljoonan pääosat - tiedusteluosia, viesti- ja johtamisyksiköitä sekä pieniä tulivoimaisia osastoja. Laajamittaisen hyökkäyksen torjunnassa helikoptereiden käyttö lähellä etulinjaa on vaikeaa vihollisen ilmatorjunnan, taisteluhelikopterien ja ilmavoimien vuoksi. Helikoptereita käytetään tällöin operatiivisten maahanlaskujen ja murtojen rajoittamiseen käytettävien panssarintorjunta- ja muiden jalkaväkijoukkojen kuljetukseen sekä operatiivista vastahyökkäystä tekevän valmiusyhtymän tukemiseen kuljetuksin ja mahdollisesti myös tiedustelulennoin.<sup>44</sup>

Helikopterit lentävät yleensä matala-, tausta- ja pintalentotapoja käyttäen. Lentotavan valintaan vaikuttaa etäisyys viholliseen. Matala- ja taustalentoa käytetään omassa selustassa. Lähellä vihollisen aluetta ja vihollisen vaikutusalueella käytetään pintalentoa. Matalalennossa lentonopeus ja -korkeus pysyvät vakiona. Taustalennossa lentonopeus pysyy samana, mutta lentokorkeus vaihtelee. Pintalennossa sekä lentokorkeus että -nopeus vaihtelevat. Hyviä lentoreittejä pinta- ja taustalennossa ovat esimerkiksi joen uomat, laaksot sekä metsien ympäröimien peltojen ja järvien reunat.<sup>45</sup>



Kuva 2. Helikoptereiden lentotavat<sup>46</sup>

Tyypillisessä kuljetustehtävässä helikopterit lentävät pareittain muutaman minuutin aikaporrastuksella lentokorkeuden ollessa valoisalla noin 25 metriä ja pimeällä noin 50



metriä. Kuljetukselle asetettava sääminimi toiminta-alueella on matalan lentokorkeuden toimittaessa suurena osastona seuraava:

-päivällä näkyvyys vähintään 5000 metriä ja pilvikorkeus 100 metriä ja

-yöllä näkyvyys vähintään 8000 metriä ja pilvikorkeus 150 metriä.

Yksittäisellä helikopterilla voidaan lentää näkyvyyden ollessa päivällä vähintään 1500 metriä ja pilvikorkeuden 100 metriä sekä yöllä näkyvyyden ollessa vähintään 3000 metriä ja pilvikorkeuden 150 metriä. Kuljetus voidaan toteuttaa myös kohdealueella sijaitsevalle lentokentälle huonommissakin sääoloissa (kiitotiennäkyvyys 300 m ja pilvikorkeus 60 m), mutta tällöin on lennettävä mittarilentoa.<sup>47</sup> Koska mittarilento-olosuhteissa on sekä kuljetuksen lähtö- että saapumispaikan oltava mittarilähestymislaittein varustettu lentokenttä, asettaa se suuria rajoituksia kuljetusten suunnittelulle. Suomen käytössä olevista helikopterityypeistä NH90- ja Super Puma-helikoptereissa on jäänestolaitteet, joten niillä voidaan lentää myös jäätävissä olosuhteissa.

### 3 LÄMPÖKAMEROIDEN SUORITUSKYKY

Lämpökamera havainnoi lämpösäteilyä. Valaistusolosuhteista riippumatta kaikki esineet, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen yläpuolella, lähettävät lämpö- eli infrapunasäteilyä. Se on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on suurempi kuin näkyvän valon mutta pienempää kuin mikroaaltojen. Silmällä ei lämpösäteilyä havaita. Säteily johtuu kappaleen molekyylien mekaanisesta liikkeestä, ja sen intensiteetti kasvaa lämpötilan noustessa. Lämpösäteily etenee valon nopeudella, kuten muukin sähkömagneettinen säteily.<sup>48</sup> Herkillä lämpökameroilla, jotka pystyvät erottelemaan hyvin pieniä lämpötilaeroja, voidaan luoda mustavalkotelevision kaltainen kuva maastosta.<sup>49</sup> Kaikki ilma-aluksissa käytettävät lämpökamerat ovat näitä mustavalkokuvan luovia malleja. Muissa sovellutuksissa saatetaan käyttää näyttöjä, joissa eri lämpötilat näkyvät eri väreinä.

Lämpökamerat jaetaan sukupolviin niiden käyttämän tekniikan mukaan. Ensimmäisen sukupolven kamerat ovat poistumassa käytöstä. Ne olivat isoja, kalliita ja tarvitsivat tehokkaan jäähdytyksen toiminnan varmistamiseksi. Se toteutettiin useimmiten nestemäisellä tyypellä, mikä hankaloitti varsinkin ilmailukäyttöä. Nykyään toisen sukupolven kamerat ovat käytössä käytännössä kaikissa helikoptereissa. Niissä ei enää tyyppijäähdytystä tarvita, ja ominaisuudet ovat muutenkin kehittyneemmät. Kolmannen sukupolven lämpökamerat ovat kehitteillä, ja Bell väittää uudessa AH-1Z "Viper"-hyökkäyshelikopterissaan sellaisen jo olevan.<sup>50</sup>

Nykyisin käytössä olevien lämpökameroiden resoluutio eli erottelutarkkuus on yleensä vaakasuunnassa 320 tai 640 pikseliä ja pystysuunnassa 240 tai 480 pikseliä. Uusissa videokameroissa resoluutio on halvoissakin malleissa moninkertainen, joten erityisen tarkkaa kuvaa eivät lämpökamerat pysty tuottamaan. Tämän vuoksi kuva ei ole kovin yksityiskohtainen ja tunnistusetäisyydet pienenevät. Esimerkiksi auringon päivällä lämmittäjä muurahaiskeko saattaa näyttää lämpökamerassa kyyristyneeltä ihmiseltä, mikäli laitteen erottelutarkkuus ei ole riittävä. Edistyneimmissä lämpökameramalleissa on kuitenkin esitelty jo 1280x720-tason resoluutio, joten kehitystä tapahtuu.<sup>51</sup>

Esimerkiksi Rajavartiolaitoksen Agusta Bell 412-helikoptereissa on käytössä kahta eri lämpökameramallia: GEC Marconi ja SeaFlir. SeaFlir:n käyttää lyhyempää aallonpituutta kuin GEC Marconi. Tästä johtuvista teknisistä ratkaisuista johtuen GEC Marconi on kooltaan huomattavasti isompi ja painavampi laite. Lisäksi GEC Marconissa on helikopteritoiminnassa

erityisen tärkeä kameran vakautus toteutettu hyrrävakautetulla alustalla, kun taas Seaflir:ssä on optiset hyrrät. Käytännössä tehokkaammaksi järjestelmäksi on osoittautunut hyrrävakautettu alusta. Molemmissa kameroissa kuvaa voidaan tarvittaessa tallentaa, ja sitä voidaan kääntää 360 astetta pysty- ja vaakatasossa.<sup>52</sup>

Suuntaa antavia esimerkkisarvoja lämpökameran käytännön suorituskyvystä saadaan myös taulukosta 1. Siinä esitetään IR-kameran arvioidut havainto- ja luokitteluetäisyydet henkilölle ja panssarivaunulle. Normaaliolosuhteilla tarkoitetaan, että kohteen ja kameran välissä ei ole näköesteitä eikä IR- säteilyn kulkua voimakkaasti vaimentavaa ainetta kuten sumua tai pölyä. Tällöin IR-kameran herkkyys eli lämpötilaerotuskyky on riittävä erottamaan normaalisti naamioitua tai maastoutettua kohteita taustasta. Henkilön kooksi on oletettu 0,5mx1m (esim. polvillaan oleva ihminen) ja panssarivaunuun kooksi 3m x 2m (edestäpäin). Luokitteluetäisyyden laskemisessa on käytetty Johnsonin kriteeriä. Se on kokeellisesti kehitetty menetelmä kohteiden havainnoinnin mittaamiseen ja eri laitteiden vertaamiseen.<sup>53</sup>

Taulukko 1. Arvio parhaiden IR-kameroiden havainto- ja luokitteluetäisyyksistä henkilöön ja panssarivaunuun.

	Henkilö	Panssarivaunu
Havaintoetäisyys (km)		
leveä näkökenttä	6	24
keskim. näkökenttä	3	12
Luokitteluetäisyys (km)		
keskim. näkökenttä	4	15
kapea näkökenttä	15	5

Havaitsemisella tarkoitetaan sitä, että huomataan tähytettävällä alueella olevan jotakin merkityksellistä. Jos kohteesta saadaan tarpeeksi lisäinformaatiota, voidaan kohde luokitella. Luokittelua varten on saatava kohteesta riittävä tieto yleistunnistusta varten. Sen avulla voidaan esimerkiksi päätellä, onko kyseessä panssarivaunu vai ihminen. Lisäinformaatioksi voi riittää koko, muoto tai liikkuminen.<sup>54</sup>

### 3.1 Olosuhteiden vaikutus lämpökameran suorituskykyyn

Lämpökamera on kehitetty parantamaan näkökykyä silloin, kun pimeyden tai esimerkiksi sään vuoksi ei silmillä tai näkyvän valon tähytyslaitteilla näkyvyys ole riittävä. Todellisuudessa lämpökameralla saavutettu suorituskyky vaihtelee kuitenkin suuresti eri

olosuhteissa. Suorituskyvyllä tarkoitetaan sekä saavutettavaa tähystysetäisyyttä että yleisesti kuvan erottuvuutta ja selkeyttä.

Sumu, vesi- ja lumisade pienentävät tähystysetäisyyttä. Sumun vaikutus tähystysetäisyyteen on hyvin suuri; vaimennuskerroin on sumun tiheydestä riippuen vähintään viisi. Kuitenkaan sumu ei lyhennä tähystysetäisyyttä niin paljon infrapuna-alueen kuin näkyvän valon tähystysvälineitä käytettäessä. Vesisateessa näkyvyys lämpökameralla taas saattaa muuttua jopa heikommaksi kuin näkyvän valon sensoreita käytettäessä, koska siitä johtuvan infrapunasäteilyn sironnan lisäksi sade jäädyttää kohteen pintoja. Lumisade vaikuttaa samalla tavoin.<sup>55</sup>



Kuvat 3a ja 3b. Lämpökameran kuvat tiestä selkeässä säässä (a) ja lumisateessa (b).<sup>56</sup>

Esimerkiksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla on ollut vuosina 1961-1990 keskimäärin noin 10 sadepäivää talvikuukausina, kun kynnysrajana käytetään 1mm sademäärää<sup>57</sup>. Yleensä sademäärät ovat vielä suurempia kesä- ja syyskuukausina. Sateesta johtuva lämpökameran suorituskyvyn heikkeneminen ja käytön vaikeutuminen on siis verrattain yleistä. Sateella lämpökameran automatiikan avulla ei enää saavuteta parasta mahdollista kuvaa, joten säädöt on suoritettava manuaalisesti<sup>58</sup>.

Suomen oloissa ympäristön lämpötila vaihtelee eri vuorokauden- ja vuodenaikoina suuresti. Mikäli etsittävän kohteen ja taustan välinen lämpötilaero ei ole riittävä, ei kohde näy lämpökamerassa lainkaan. Erityisesti kesällä lämpötilakontrasti pienenee, mutta toisaalta kesällä ei usein olekaan edes tarvetta lämpökameran käytölle, koska tähystys voidaan suorittaa paljain silmin tai kiikareilla. Mikäli lämpökameraa kuitenkin tarvitaan, parhaat ajat sen käytölle ovat aamuyöt ennen auringon nousua tai pilviset säät, koska tällöin aurinko ei ole lämmittänyt etsittävää kohdetta ympäröivää maastoa.

Vastaavasti paras vuodenaika lämpökameran tehon kannalta on alku- ja keskitalven aika, kun puissa on lunta. Silloin maasto on tasaisen kylmä ja lämpötilaero maaston ja kohteen välillä on suuri. Uusien lämpökameramallien myötä vuorokauden- ja vuodenajan merkitys on vähentymässä, koska ne havaitsevat yhä pienempiä lämpötilaeroja.<sup>59</sup> Esimerkiksi Rajavartiolaitoksen helikoptereihin asennetut lämpökameramallit havaitsevat jo 0,1 asteen lämpötilaeron<sup>60</sup>.

Normaalisti automatiikka hoitaa lämpötilaerojen ja lämpötilasyvyyksien tarkennuksen (ns. Gain/Offset-säädöt). Hankalissa olosuhteissa joutuu lämpökameran käyttäjä kuitenkin säätämään kuvaa käsin, jotta paras mahdollinen suorituskyky saavutetaan. Tällaisia olosuhteita ovat tyypillisesti juuri sateet ja sumu, mutta käsisäädölle voi joutua vaihtamaan myös, mikäli maaperän lämpösäteilyn intensiteettierot ovat suuret.<sup>61</sup>

### **3.2 Maaston vaikutus lämpökameran suorituskykyyn**

Peitteinen maasto ja suuret korkeuserot lyhentävät lämpökameroiden tähysetäisyyttä merkittävästi. Suomessa suuria korkeuseroja on lähinnä Itä- ja Pohjois-Suomessa. Toisaalta rauhan aikana voidaan helikopterilla lentää niin korkealla, että korkeuserojen vaikutus vähenee, jolloin katve jää vain mäen rinteeseen. Aukea maasto kasvattaa luonnollisesti lämpökameralla saavutettavaa tähysetäisyyttä, ja meren päällä lennettäessä katvetta ei synnytä kuin mahdollisesti korkea aallokko. Suomessa aukeaa maastoa löytyy eniten Länsi- ja Etelä-Suomesta. Varsinkin Länsi-Suomessa aukeat ovat erittäin laajoja ja tasaisia. Pohjois-Lapissa puurajan pohjoispuolella on myös aukeaa, mutta suuret korkeuserot pienentävät tähysetäisyyttä.<sup>62</sup>

Mikäli etsitään kohdetta metsästä, on myös metsän puulaadulla suuri merkitys lämpökameran tehokkuuteen. Eniten tähysetäisyyttä heikentävät tiheet kuusimetsät. Lehtipuiden osalta on huomioitava vuodenaikojen vaihtelut. Kesällä lehtipuut lyhentävät tähysetäisyyttä huomattavasti enemmän kuin talvella. Suomen pinta-alasta on metsätalousmaata peräti 78%. Männyn osuus puuvaroista on 50% ja kuusen 30%. Koivu on yleisin lehtipuu, ja sen osuus puuvaroista on 16%.<sup>63</sup>



Kuva 5. Lämpökameran kuva kivisestä rinteestä<sup>64</sup>

Puiden lisäksi esimerkiksi kivinen maasto vaikeuttaa lämpökameran käyttöä, koska kivet lämpiävät ympäristöä voimakkaammin erityisesti aukeilla alueilla, ja voivat näyttää kyyristyneeltä ihmiseltä. Vastaava harhaanjohtava heräte voi syntyä muistakin ympäristöänsä enemmän lämpöä keräävistä kohteista.<sup>65</sup>

#### 4 LÄMPÖKAMERAN VAIKUTUS HELIKOPTERITEHTÄVIEN SUORITTAMISEEN

Pimeys on lentämisen kannalta erittäin merkityksellinen tekijä. Lentäjän havainnointikyky laskee pimeällä huomattavasti, ja perustehtävienkin suorittaminen on paljon haastavampaa kuin valoisassa. Suomi on sijaintinsa vuoksi melko pimeä maa. Esimerkiksi Lapissa aurinko ei nouse marraskuun ja helmikuun välissä lainkaan, ja Etelä-Suomessakin päivänvalo kestää päivittäin vain 4-6 tuntia näinä kuukausina. Toisaalta kesäoinä aurinko laskee vain muutamaksi tunniksi ja lentosääntöjen määrittelemää yötä ei esiinny lainkaan.<sup>66</sup> Lentosääntöjen mukainen yö on auringon laskun ja nousun välinen aika, kun valaisematonta kohdetta (savupiippua, mastoa tms.) ei selvästi voida erottaa 8km etäisyydeltä. Epävarmoissa tapauksissa katsotaan yön vallitsevan.<sup>67</sup>

Useimmiten helikopterilentäjät käyttävät nykyään pimeässä lentämisen apuvälineinä valonvahvistimia (NVG-kiikareita). Yleisesti ottaen niiden avulla saavutettava suorituskyky on huomattavasti lämpökameraa parempi, ja NVG-toimintaan keskitytään helikopterimiehistöjen koulutuksessa lämpökameratoimintaa enemmän.

On kuitenkin olosuhteita, jolloin lämpökamera täydentää NVG-kiikareilla suoritettavaa etsintää. NVG-laitteiden käyttö on usein vaikeata Suomessa keväisin ja syksyisin, kun maassa tai puissa ei ole lunta, pilvikorkeus on alhaalla eikä kuutamoa ole. Tulevaisuudessa ilmaston lämmitessä lumettomat olosuhteet voivat jatkua läpi talvenkin. Tällöin on todella pimeää ja valonvahvistimien teho ei välttämättä riitä, joten lämpökamera on hyödyllinen apuväline kaikissa lentotehtävissä.<sup>68</sup> Rajavartiolaitoksen koptereissa lämpökameran kuvaa ei saada lentäjälle yhtä yksilöä lukuun ottamatta, mutta NH90-helikoptereissa se voidaan heijastaa ohjaajan kypärän visiiriin. Molemmat lentäjät eivät kuitenkaan voi perustaa lentämistään pelkän lämpökameran varaan, ja yleinen toimintaperiaate onkin, että toinen lentäjistä käyttää NVG-kiikareita ja toinen lämpökameran kuvaa. Pelkkiä NVG-kiikareita käytettäessä tilanne on päinvastoin: joko molemmat lentäjät käyttävät niitä, tai sitten ei kumpikaan.

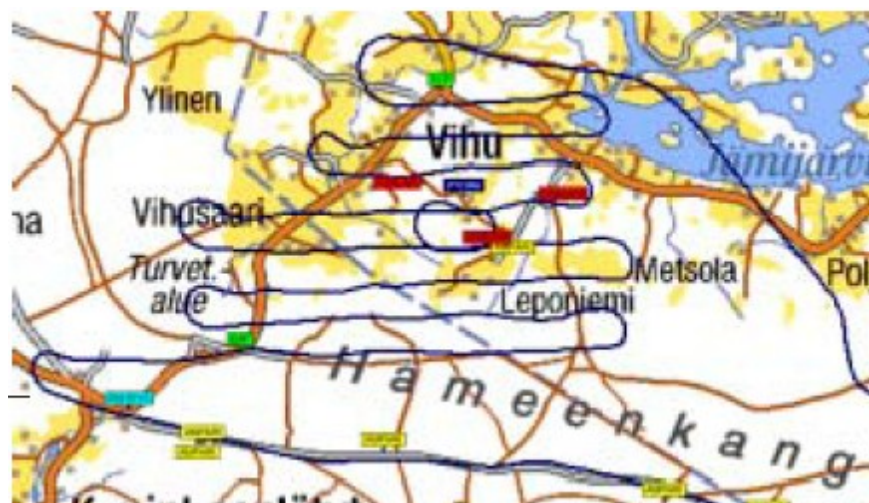
Poikkeuksellisten pimeiden päivien lisäksi lämpökamera on hyvä lisäväline NVG:n rinnalla esimerkiksi talvella lumeen jääneitä moottorikelkan tai jalanjälkiä seurattaessa. Painunut lumi heijastaa lämpösäteilyä eri tavalla kuin painumaton lumi, joten jäljet näkyvät lämpökameralla katsottuna todella hyvin.<sup>69</sup>

#### 4.1 Rauhan aika

Vartiolentolaivueen lentotunneista suurin osa käytetään rajavalvontaan. Merialuetta ja ajoittain myös maarajaa valvottaessa toimitaan AB412-kalustolla, jossa lämpökamera on käytettävissä. Pääasiallinen käyttö on kuitenkin etsinnöissä eli SAR-tehtävissä.<sup>70</sup>

Pelastuslentoja lennettiin vuonna 2007 Rajavartiolaitoksen helikoptereilla yhteensä 321 tuntia.<sup>71</sup> Kaikkien näillä lennoilla käytettävien helikoptereiden varustukseen kuuluu lämpökamera. Kuten edellisessä luvussa todettiin, lämpökameralla saavutettava tähysetäisyys on hyvin riippuvainen olosuhteista. Varsinkin merellä suoritettavien pelastustehtävien aikana sää on usein huono. Sade, sumu ja kova aallokko huonontavat näkyvyyttä lämpökamerallakin. Luonnollisesti kohteen etäisyys ja koko vaikuttavat myös suuresti tähysetäisyyteen. Tavallisesti ihmisen pystyy havainnoimaan merellä vasta alle kahden kilometrin etäisyydeltä ja laivan noin 20 kilometrin etäisyydeltä. Mikäli ihminen kelluu vedessä, jää ruumiista niin pieni osa pinnalle, että lämpökameralla havainnointi on todella vaikeaa, ellei kohde osu suoraan linssiin.<sup>72</sup>

Kun ilma-alus saapuu etsintäalueelle, lentää se yleensä alueen yli ennen varsinaisen etsintäkuvion aloittamista. Näin miehistö saa yleiskuvan alueen rajoista ja maastosta. Tämän jälkeen aloitetaan varsinainen etsintä lentämällä tiettyä etsintäkuviota. Kuvion tarkoituksena on yksinkertaisesti käydä koko etsintäalue järjestelmällisesti läpi niin, ettei väliin jää aukkoja. Etsintälinjojen väliin jäävä alue, niin sanottu siirtoväli, on normaalisti muutamia satoja metrejä. Se riippuu lentokorkeudesta, -nopeudesta ja etsintämaastosta.<sup>73</sup>



Kuva 6. Lennontaltiointilaitteen esitys tyypillisestä etsintäkuvioista<sup>74</sup>



Lämpökameraa käytettäessä sen katselukulma rajoittaa näkökentän, mikä on silmään verrattuna huono asia. Mikäli siirtoväli on niin pieni, että saadaan rajoitetusta katselukulmasta huolimatta täydellinen peitto etsintäalueelle, ei tällä ole kuitenkaan merkitystä. Lämpökameran etu silmään verrattuna tulee esille peitteisiä maastoja tarkasteltaessa ja hiljaisella nopeudella lennettynä. Tällöin kamera on suunnattu tyypillisesti joko suoraan koneen eteen 30 asteen kulmassa alaspäin tai koneen sivulle siten, että on mahdollista tarkastaa havainnon jälkeen kohde välittömästi sivuikkunasta. Jälkimmäistä vaihtoehtoa on siis käytännössä mahdollisuus käyttää vain päivänvalon aikaan.<sup>75</sup>

Etsintälentoilla joudutaan välillä tekemään jyrkkiäkin kaartoja, mikäli siirtoväli etsintälinjojen välissä on kapea, esimerkiksi saarietsinnöissä. Erityisesti jyrkistä kaarroista aiheutuva suuri kulmanopeus vaikeuttaa lämpökameran käyttöä. Tavallisesti näissä tilanteissa ohjaajat tähystävät joko visuaalisesti tai NVG:n avulla, ja lämpökameralla seurataan saarien rantoja. Jos ohjaajat havaitsevat kohteen ja kääntävät nopeasti koneen sinne, lämpökameran saaminen kohteeseen kestää hetken tai kohde voi kadota kokonaan näkyvistä, ennen kuin kuva tarkentuu.<sup>76</sup>

Etsintä- ja pelastustehtäviä suoritetaan varsinkin syksyllä ja talvella myös maa-alueiden yllä, ja hyvällä säällä lämpökameralla voidaan parantaa merkittävästi helikopterin tähystyskykyä näissä tehtävissä. Seuraavissa esimerkkikuvissa on kuvattu päiväsaikaan sama tie sekä tavallisella kameralla että lämpökameralla. Kuten kuvista näkyy, erottuu ihminen erityisesti peitteisessä maastossa tai maaston värisiin vaatteisiin pukeutuneena taustasta huomattavasti helpommin lämpökameran kuin näkyvään valoon perustuvan tähystyksen avulla. Yöllä ero on tietenkin huomattavasti selvempi lämpökameran hyväksi, ellei NVG-laitteistoa ole käytössä.



Kuva 7. Kuva metsäautotiestä lämpökameralla kuvattuna<sup>77</sup>



Kuva 8. Kuva metsäautotiestä tavallisella kameralla kuvattuna<sup>78</sup>

Varsinaista kohteen tunnistamista ei etsinnöissä jätetä pelkän lämpökamerahavainnon varaan. Lämpökameralla havaitut kohteet onkin aina tunnistettava visuaalisesti, varsinkin jos kohde on liikkumaton. Liikkuvan kohteen pystyy kohtuulliselta etäisyydeltä vielä tunnistamaan esimerkiksi eläimeksi tai ihmiseksi pelkän lämpökamerankin avulla.<sup>79</sup>

Myös virka-apulenkoilla poliisille, tullille tai pelastuslaitokselle lämpökamera on ajoittain käytössä, mikäli tarvetta silmin suoritettavaa tähytystä parempaan suorituskykyyn on, ja olosuhteet ovat lämpökameran käytön kannalta suotuisat.<sup>80</sup>

Koska maavoimien uudessa NH90-helikopterikalustossa lämpökameran kuva on aina lentäjien käytettävissä, voidaan sitä käyttää lentäjien tilannetietoisuutta lisäävänä apuvälineenä pimeässä tai huonoissa olosuhteissa tapahtuvilla lennoilla. Esimerkiksi lentovuorossa oleva ohjaaja tähyttää paljain silmin tai valonvahvistimen avulla, ja varmistava ohjaaja tarkkailee ympäristöä lämpökameralla. Useat erityisesti pimeällä ja huonoissa sääolosuhteissa suoritettavien helikopterilentojen vaaratekijöistä, kuten mastot ja korkeat sähkölinjat, saattavat näkyä selvimmin lämpökameran kuvassa. Kuitenkin myös Puolustusvoimien helikopteritoiminnassa lämpökameran ensisijainen käyttötarkoitus on etsintä- ja pelastuslentojen apuvälineenä.

## 4.2 Sodan aika

Suomen helikopterikaluston sodan ajan päätehtävässä, joukkojen kuljetuksissa, ei lämpökamerasta normaaliolosuhteissa ole erityisen suurta hyötyä. Päivälennoilla tukeudutaan käytännössä paljain silmin suoritettavaan tähytykseen ja yöllä ensisijaisena apuvälineenä ovat NVG-kiikarit. Kuitenkin on muutamia tilanteita, joissa lämpökameraa voisi kuljetustehtävissäkin käyttää lentäjien apuna. Esimerkiksi savu tai pöly estää pahimmillaan visuaalisen ja NVG-tähytyksen kokonaan, mutta lämpökameraa ne häiritsevät usein vähemmän tai ei ollenkaan.<sup>81</sup> Vastaavaa hyötyä lentäjän tilannetietoisuudelle lämpökamerasta voi olla myös aiemmin kuvailuissa erityisen pimeissä olosuhteissa.

Myös sodan aikana helikoptereilla jatketaan SAR-tehtävien suorittamista, ja lämpökameraa voidaan hyödyntää samalla lailla kuin rauhankin aikana. On myös mahdollista, että helikoptereilla suoritetaan ainakin yksittäisiä vihollisuhan alla suoritettavia taistelualan etsintä- ja pelastuslentoja. Tällöin lämpökamerasta olisi suurta hyötyä etenkin pimeällä suoritettavalla lennolla, koska etsittävän henkilön lisäksi sen avulla voisi tähyttää ja havaita mahdollisia vihollisia. Kuten aiemmin esitetystä taulukosta 1 käy ilmi, vihollisen ajoneuvot voidaan havaita lämpökameralla jopa yli 20km päästä. Lämpökameralla ja siihen liittyvällä taltiointijärjestelmällä varustettuna helikopteri olisi siis periaatteessa käyttökelpoinen ja tehokas myös tiedustelutehtävissä, mutta käytännössä aseistamattomilla helikoptereilla se ei vihollisuhan takia ole ainakaan laajassa mittakaavassa mahdollista.<sup>82</sup> Lisäksi tällä hetkellä suomalaisesta helikopterikalustosta lämpökamera löytyy pääasiassa vain sellaisista tyypeistä, jotka ovat kokonsa ja muidenkin ominaisuuksien puolesta tarkoitettu ensisijaisesti kuljetus-, etsintä- ja pelastustehtäviin, joten tiedustelu nykyisellä kalustolla ei olisi tarkoituksenmukaistakaan.

## 5 YHTEENVETO

Tutkielmani päätarkoitus oli selvittää, kuinka helikopteriin asennettu lämpökamera vaikuttaa eri tehtävien suorittamiseen. Tätä varten selvitettiin ensin, millaisia tehtäviä lämpökameralla varustetuilla helikoptereilla Suomessa rauhan aikana suoritetaan, ja millaisiin sodan ajan tehtäviin valmistaudutaan. Lisäksi kartoitettiin nykyaikaisen lämpökameran tärkeimpiä teknisiä ominaisuuksia ja suorituskykyä.

Rajavartiolaitoksen ja Puolustusvoimien helikopteritoiminnan painopiste rauhan aikana eroaa selvästi toisistaan. Rajavartiolaitoksen helikoptereiden päätehtävänä on rajavalvontalennot, kun taas Puolustusvoimien helikopteritoiminnan painopiste on maavoimien koulutuksen tukemisessa ja tietenkin myös oman henkilöstön koulutuksessa. Näkyvimpiä tehtäviä ovat kuitenkin etsintä- ja pelastuslennot sekä virka-apulennot eri viranomaisille. Niissä onnistuminen on tärkeää, koska pelastettavat ovat usein välittömässä hengenvaarassa. Näistä tehtävistä raportoidaan säännöllisesti myös julkisuudessa. Verovaroin kustannetussa toiminnassa on tärkeää huolehtia myös siitä, että kansalaiset ja päättäjät pitävät verrattain kallista helikopteritoimintaa hyödyllisenä ja arvostavat sitä.

Lämpökameroiden kehitys on edennyt vauhdikkaasti viime vuosina. Nykyaikaiset mallit erottelevat hyvin pieniä lämpötilaeroja, ja kuvan suurennusmahdollisuudet ynnä muut ominaisuudet ovat monipuolisia. Käyttäjän kannalta operointi on myös helpottunut huomattavasti, kun automatiikka hoitaa kuvansäädön erityisen vaikeita olosuhteita lukuun ottamatta. Kehityksestä huolimatta hinnat ovat laskeneet, mutta edelleen hankintahinta on verrattaen kallis. Siksi esimerkiksi Rajavartiolaitoksella käytössä oleva, kulloinkin käytössä olevaan helikopteriin siirrettävä lämpökamera on järkevä ratkaisu.

Lämpökamera osoittautui yleisesti ottaen hyödylliseksi lisävarusteeksi helikopterissa. Suomen sää- ja valaistusolosuhteet ovat lentotoiminnan kannalta haasteellisia. Erityisesti pimeällä suoritetuilla etsintä- ja pelastuslennoilla lämpökamerasta voi olla merkittävää apua. Sen suorituskyvyn merkittävä heikkeneminen erityisesti sateisissa ja sumuisissa olosuhteissa on kuitenkin huomioitava. Lisäksi rajoituksia lämpökameran käytölle asettaa sen herkkyys lentotoiminnassa tyypillisille kulmanopeuksien vaihtelulle sekä suhteellisen kapea etsintäkeila. Ensisijainen vaihtoehto pimeäetsinnöissä onkin nykyään NVG-kiikarit, joten lämpökamera on lähinnä täydentävä apuväline. Lämpökamera-asennuksella ei ole käytännön merkitystä helikopterin suoritusarvoihin, vaikka se periaatteessa hieman ilmanvastusta

lisääkin. Pieni haitta muun operoinnin kannalta aiheutuu malleissa, joiden käyttö vaatii matkustamoon asennetun laitetelineen. Joissakin malleissa teline on niin iso, että se häiritsee muuta toimintaa<sup>83</sup>. Etsintälennot ovat joka tapauksessa varsinkin yöllä ja huonossa kelissä niin haastavia, että kaikkia mahdollisia apuvälineitä on järkevää käyttää.

Sodan aikana on joukkojemme pimeätoimintakyky tällä hetkellä korkeintaan tyydyttävä<sup>84</sup>. Lämpökameroilla varustetuilla helikoptereilla voitaisiin nostaa koko maavoimien suorituskykyä etsintätehtävissä, laajojen alueiden valvonnassa sekä tiedustelussa, kun sää- ja valaistusolosuhteet ovat heikot. NH90-kaluston vähyydestä ja saattohelikoptereiden puutteesta johtuen lämpökameroista saavutettava hyöty rajoittuu kuitenkin sodankin aikana lähinnä SAR-tehtäviin.

Ennen konkreettisten sotatoimien aloittamista valmiutta kohotettaessa osa helikoptereista voisi osallistua esimerkiksi merialueiden tehostettuun valvontaan. Tässä käytössä lämpökamera olisi tehokas apuväline. Ensisijainen valvontaväline on tietenkin merivalvontatutkat, mutta helikoptereilla voisi suorittaa tutkakuvaa täydentäviä ja varmistavia valvontalentoja.

NH90-kalustossa on mahdollisuus myös lentäjien kypärän visiirille heijastettavan lämpökamerakuvan avulla lisätä lentäjien tilannetietoisuutta kaikissa huonoissa sää- tai valaistusolosuhteissa suoritettavissa lentotehtävissä. Tämä on ennenkokematonta suomalaisessa helikopteritoiminnassa. Hyvä jatkotutkimuskohde olisikin NVG:n ja lämpökameran käyttö sekä erityisesti niiden väliset erot lentäjien apuvälineenä, kun käyttökokemusta on kertynyt riittävästi.

## VIITTEET

- <sup>1</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 25-26
- <sup>2</sup><http://www.flirthermography.com/finland/about-flir.asp>
- <sup>3</sup><http://www.raja.fi/rvl/vllv/home.nsf/pages/44B9DF210DA19804C22570230033909F?opendocument>
- <sup>4</sup>PVAH: Määritelmärekisteri
- <sup>5</sup>[http://tietokannat.mil.fi/nh90rollout/content.php?language=fi\\_FI&page\\_id=2&active\\_mother=1](http://tietokannat.mil.fi/nh90rollout/content.php?language=fi_FI&page_id=2&active_mother=1)
- <sup>6</sup>Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999. s.186
- <sup>7</sup>Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999. s.182
- <sup>8</sup>Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999. s.179
- <sup>9</sup><http://www.mil.fi/maavoimat/valmiusyhtyma/index.dsp>
- <sup>10</sup><http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/nvg.htm>
- <sup>11</sup>Vehkaperä, Meri. 2003. Laadullinen tutkimus. Jyväskylän yliopisto
- <sup>12</sup>Alasuutari, Pentti. 1993. Laadullinen tutkimus. Vastapaino, Tampere. s. 22-30
- <sup>13</sup><http://www.mil.fi/maavoimat/joukot/utjr/helikopterilentue.dsp>
- <sup>14</sup>Hossain, Tarik. Maarajavalvonnan asettavat vaatimukset Agusta Bell 206 "Jet Rangerin" lisävarustukselle. Maanpuolustuskorkeakoulu 2006. s.3
- <sup>15</sup><http://www.raja.fi/rvl/vllv/home.nsf/pages/44B9DF210DA19804C22570230033909F?opendocument>
- <sup>16</sup>Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999. s.174
- <sup>17</sup><http://www.raja.fi/rvl/vllv/home.nsf/pages/44B9DF210DA19804C22570230033909F?opendocument>
- <sup>18</sup>Rajavartiolaitoksen vuosikertomus 2007, s. 24
- <sup>19</sup>Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999. s.184
- <sup>20</sup>Ilmailumääräys OPS M4-1/24.8.1992 kohta 2.1
- <sup>21</sup><http://www.raja.fi/rvl/vllv/home.nsf/pages/D847E1F7A9FBE6B9C22574900037F2DF?opendocument>
- <sup>22</sup>Savolainen, Petteri: AB206-helikopterin seuraajalle asetettavat vaatimukset. Maanpuolustuskorkeakoulu 2006. s. 9
- <sup>23</sup>Meripelastuslaki (1145/2001). 3§
- <sup>24</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>25</sup>Helikopteryöryhmän mietintö, Sisäasianministeriön julkaisu 20/1999. kohta 2.1.2

- <sup>26</sup>Helikopterityöryhmän mietintö, Sisäasianministeriön julkaisu 20/1999. kohta 2.1.2
- <sup>27</sup>Helikopterityöryhmän mietintö, Sisäasianministeriön julkaisu 20/1999. kohta 2.1.3
- <sup>28</sup>Rajavartiolaki (578/2005) 4. luku, 26§ 2. momentti
- <sup>29</sup><http://www.mil.fi/maavoimat/joukot/utjr/helikopterilentue.dsp>
- <sup>30</sup>Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999. s.197
- <sup>31</sup>Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopteritoiminta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 9/1998 s. 21
- <sup>32</sup>Puolustusvaliokunnan lausunto 1/1998
- <sup>33</sup>[http://www.mil.fi/ajankohtaista/tiedotteet/arkisto/2001/20010913\\_1858\\_1.dsp](http://www.mil.fi/ajankohtaista/tiedotteet/arkisto/2001/20010913_1858_1.dsp)
- <sup>34</sup>Siivet-lehti 4/2008, s. 22
- <sup>35</sup>Puolustusvaliokunnan lausunto 1/1998
- <sup>36</sup>Valtioneuvoston selonteko VNS 6/2004: Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004, s.107
- <sup>37</sup>[http://www.mil.fi/perustietoa/julkaisut/kokonaismaanpuolustus/5/5\\_5.html](http://www.mil.fi/perustietoa/julkaisut/kokonaismaanpuolustus/5/5_5.html)
- <sup>38</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 26
- <sup>39</sup>Aherto, Jorma ym. 2002. Helicopters- A new branch of service in the Finnish Ground Forces, Taktiikan laitos, julkaisusarja 2 n:o 1/2002. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.s. 68
- <sup>40</sup>Valtioneuvoston selonteko VNS 6/2004: Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004, s.99
- <sup>41</sup>Aherto, Jorma ym. 2002. Helicopters- A new branch of service in the Finnish Ground Forces, Taktiikan laitos, julkaisusarja 2 n:o 1/2002. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.s. 76
- <sup>42</sup>Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopterien käyttöperiaatteet ja johtaminen sekä hyökkääjän helikopterien torjunta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 4/1998. Liite 4, s.9.
- <sup>43</sup>Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopteritoiminta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 9/1998. s. 22
- <sup>44</sup>Puolustusvaliokunnan lausunto 1/1998
- <sup>45</sup>Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopteritoiminta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 9/1998. s. 18-19
- <sup>46</sup>Bergqvist - Aikasalo - Mustaniemi (9/1998), s. 18
- <sup>47</sup>Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopteritoiminta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 9/1998. s. 23

- <sup>48</sup><http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/em.htm>
- <sup>49</sup>Raunio, Jukka: Helikopterin rakenteet ja järjestelmät. Edita Oy 2000. kohta 9-10
- <sup>50</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 21
- <sup>51</sup>FLIR: Star Safire HD-lämpökameran esite, s. 2
- <sup>52</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>53</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 21
- <sup>54</sup>Takamaa, Rami. 2001. Lämpökameran käytön mahdollisuudet ja rajoitukset tiedustelussa, tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki. s. 28
- <sup>55</sup>Takamaa, Rami. 2001. Lämpökameran käytön mahdollisuudet ja rajoitukset tiedustelussa, tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki. s. 32-33
- <sup>56</sup>Kannettava lämpötähystin-kurssi, Puolustusvoimien koulutusportaali.
- <sup>57</sup>[http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_37.html#3](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_37.html#3)
- <sup>58</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>59</sup>Takamaa, Rami. 2001. Lämpökameran käytön mahdollisuudet ja rajoitukset tiedustelussa, tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki. s. 33
- <sup>60</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>61</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>62</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 66
- <sup>63</sup><http://www.metla.fi/suomen-metsat/index.htm>
- <sup>64</sup>Kannettava lämpötähystin-kurssi, Puolustusvoimien koulutusportaali.
- <sup>65</sup>Kannettava lämpötähystin-kurssi, Puolustusvoimien koulutusportaali.
- <sup>66</sup>Aherto, Jorma ym. 2002. Helicopters- A new branch of service in the Finnish Ground Forces, Taktiikan laitos, julkaisusarja 2 n:o 1/2002. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.s. 64
- <sup>67</sup>Lentosäännöt, ilmailumääräys OPS M1-1 30.11.2006, luku 1.
- <sup>68</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 66
- <sup>69</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>70</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>71</sup>Rajavartiolaitoksen vuosikertomus 2007, s. 24
- <sup>72</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.
- <sup>73</sup>SOS-lehti 4/2005, s. 51



<sup>74</sup>Ilmailu-lehti 9/2004.

<sup>75</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.

<sup>76</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.

<sup>77</sup>Kannettava lämpötähystin-kurssi, Puolustusvoimien koulutusportaali.

<sup>78</sup>Kannettava lämpötähystin-kurssi, Puolustusvoimien koulutusportaali.

<sup>79</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.

<sup>80</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.

<sup>81</sup>Takamaa, Rami. 2001. Lämpökameran käytön mahdollisuudet ja rajoitukset tiedustelussa, tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki. s. 34

<sup>82</sup>Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopterien käyttöperiaatteet ja johtaminen sekä hyökkääjän helikopterien torjunta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 4/1998. Liite 4, s.12

<sup>83</sup>Jalonen, Teijo. Haastattelu 26.2.2009.

<sup>84</sup>Laari, Jouni ym.: Tietoja saattohelikopterista. 2001. Selvitys. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki s. 66

## LÄHTEET

### 1 JULKAISTUT LÄHTEET

Aherto, Jorma ym. 2002. Helicopters- A new branch of service in the Finnish Ground Forces, Taktiikan laitos, julkaisusarja 2 n:o 1/2002. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.

Alasuutari, Pentti. 1993. Laadullinen tutkimus. Vastapaino: Tampere.

Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopterien käyttöperiaatteet ja johtaminen sekä hyökkääjän helikopterien torjunta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 4/1998.

Bergqvist, Heikki - Aikasalo, Timo - Mustaniemi, Timo: Helikopteritoiminta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 3, työpapereita 9/1998.

FLIR Star Safire HD-lämpökameran esite. FLIR Systems 2008.

Helikopterityöryhmän mietintö, Sisäasianministeriön julkaisu 20/1999.

Hossain, Tarik: Maarajavalvonnan asettavat vaatimukset Agusta Bell 206 "Jet Rangerin" lisävarustukselle. Kandidaatintutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu 2006.

Ilmailu-lehti 9/2004.

Ilmailumääräys OPS M4-1/24.8.1992

Laari, Jouni. 2001. Selvitys: Tietoja saattohelikoptereista. Pääesikunta, Maavoimien ilmailuosasto, Helsinki.

Lentosäännöt, ilmailumääräys OPS M1-1/30.11.2006

Meripelastuslaki. (1145/2001)

Puolustusvaliokunnan lausunto 1/1998

Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Häivetekniikka opetuspaketti. 1998.

Puolustusvoimien viestintä- ja asianhallintajärjestelmä.

Pääesikunnan tiedote iskukykytutkimuksen tuloksista, Helsinki. 4.3.2004.

Rajavartiolaitoksen vuosikertomus 2007

Rajavartiolaki. (578/2005)

Raunio, Jukka: Helikopterin rakenteet ja järjestelmät. Edita Oy 2000.

Saarinen, Ahti: Helikopterikirja. Ekin Taittotupa Oy 1999.

Savolainen, Petteri: AB206-helikopterin seuraajalle asetettavat vaatimukset. Kandidaatintutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu 2006.

Siivet-lehti 4/2008, Apali Oy.

SOS-lehti 4/2005. Artikkeliksi "SAR-etsintälennon suoritus".

Takamaa, Rami. 2001. Lämpökameran käytön mahdollisuudet ja rajoitukset tiedustelussa, tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.

Tuomi J. & Sarajärvi S.: Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä 2004

Uusitalo, Hannu. 1991. Tiede, tutkimus ja tutkielma – johdatus tutkielman maailmaan. Wsoy: Juva.

Valtioneuvoston selonteko VNS 6/2004: Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004

Vehkaperä, Meri. 2003. Laadullinen tutkimus. Jyväskylän Yliopisto

## 2 INTERNET-LÄHTEET

<http://www.flirthermography.com/finland/about-flir.asp>, vierailtu 19.8.2008.

<http://www.raja.fi/rvl/vllv/>, Vartiolentolaivueen viralliset sivut. Vierailtu 19.8.2008.

<http://www.mil.fi/maavoimat/joukot/utjr/helikopterilentue.dsp>, vierailtu 19.8.2008.

[http://tietokannat.mil.fi/nh90rollout/content.php?language=fi\\_FI&page\\_id=2&active\\_mother=1](http://tietokannat.mil.fi/nh90rollout/content.php?language=fi_FI&page_id=2&active_mother=1). Vierailtu 21.8.2008.

[http://www.mil.fi/ajankohtaista/tiedotteet/arkisto/2001/20010913\\_1858\\_1.dsp](http://www.mil.fi/ajankohtaista/tiedotteet/arkisto/2001/20010913_1858_1.dsp).  
Vierailtu 20.8.2008.

[http://www.mil.fi/perustietoa/julkaisut/kokonaismaanpuolustus/5/5\\_5.html](http://www.mil.fi/perustietoa/julkaisut/kokonaismaanpuolustus/5/5_5.html)  
Vierailtu 22.8.2008.

<http://www.mil.fi/maavoimat/valmiusyhtyma/index.dsp>. Vierailtu 25.8.2008.

<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/em.htm>, Singaporen yliopiston sivut. Vierailtu 3.1.2009.

<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/nvg.htm>, vierailtu 3.1.2009

<http://www.metla.fi/suomen-metsat/index.htm>, vierailtu 5.1.2009.

<http://www.fmi.fi/>, Ilmatieteen laitoksen sivut. Vierailtu 26.3.2009.

<http://www.raja.fi/rvl/vllv/home.nsf/pages/D847E1F7A9FBE6B9C22574900037F2DF?opendocument>, vierailtu 16.4.2009.

Kannettava lämpötähtystin-kurssi. Puolustusvoimien koulutusportaali [www.milnet.fi](http://www.milnet.fi), vierailtu 3.3.2009.

### 3 HAASTATTELUT

Teijo Jalonen, Vartiolentolaivue, Helsingin vartiolentue. Sähköpostihaastattelu 26.2. 2009.  
Materiaali tekijän hallussa.