

**5. SUKUPOLVEN HÄVITTÄJIEN ISR-KYVYKKYYDET
OPERAATIOSSA**

Pro Gradu -tutkielma

Yliluutnantti
Eero Viitanen

SMOHJ12
Ilmasotalinja

Huhtikuu 2018

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi SMOHJ12	Opintosuunta Ilmasotalinja
Tekijä Yliluutnantti Eero Viitanen	
Opinnäytetyön nimi 5. SUKUPOLVEN HÄVITTÄJÄN ISR-KYVYKKYYDET OPERAATIOSSA	
Oppiaine, johon työ liittyy Operaatiotaito ja taktiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Huhtikuu 2018	Tekstisivuja 68 Liitesivuja 8
TIIVISTELMÄ <p>Tämän tutkielman tavoitteena on kirjallisuuskatsauksen sekä tulevaisuudentutkimuksen keinoin luoda käsitys viidennen sukupolven hävittäjän ISR-kyvykkyyksistä operaatioissa. Tutkielmassa käsitellään lisäksi nykypäivän tiedusteluilma-aluksia sekä niiden sensoreita.</p> <p>Tutkielma on lähestymistavaltaan laadullinen tutkimus. Tutkimusmetodeina käytetään aineistolähtöistä sisällönanalyysia sekä skenaariotarkastelua. Tutkielman pääluvuissa tutustutaan tiedustelun, valvonnan ja kohdevalvonnan konseptiin sekä viidennen sukupolven hävittäjiin. Aihealueisiin on pyritty tutustumaan kokonaisvaltaisesti ja niiden pohjalta luomaan teoreettinen kokonaisuus aiheesta. Tutkimustyössä on sovellettu tulevaisuudentutkimukseen kuuluvan skenaariomenetelmän metodologiaa. Menetelmän ensimmäisessä vaiheessa kuvataan tutkittavan ilmiön nykytilaa ja luodaan ymmärrys siihen vaikuttavista tekijöistä. Tämän jälkeen luodaan tutkittavan asian pohjalta skenaario, jonka perusteella muodostetaan tulevaisuustaulu. Tulevaisuustauluun on taulukoitu ilmiöön vaikuttavia tekijöitä ja annettu niille erilaisia arvoja. Tämän tutkimuksen skenaario muodostettiin hyväksi käyttäen tutkimuslaitos RAND:in tekemää skenaariota, jota on muokattu tutkijan toimesta.</p> <p>Tutkielmassa käytettyjen lähteiden ja menetelmien perusteella voidaan todeta, että viidennen sukupolven hävittäjillä on etuja, joita ei voida saavuttaa tämän hetken hävittäjiä käyttäen. Sensori-integraation avulla viidennen sukupolven hävittäjät voivat suorittaa ISR-tehtäviä osana operaatiota. ISR-tehtävien aikakriittisyyden vuoksi, viidennen sukupolven hävittäjien merkittävimmät haitat lienevät datalinkkijärjestelmien aiheuttamat haasteet tiedonsiirrossa.</p> <p>Tulevaisuudessa hävittäjien sensoriteknologian kehitys tulee parantamaan erilaisten järjestelmien havainnointitietäisyyksiä sekä erilaisten kohteiden havainnointi mahdollisuuksia, jolloin ISR-tehtäviä voidaan suorittaa monipuolisesti useisiin kohteisiin. Tämän myötä yhdellä ilma-aluksella voidaan suorittaa sellaisia tehtäviä, joihin nykypäivänä käytettäisiin useita ilma-aluksia.</p>	
AVAINSANAT Tiedustelu, valvonta, kohdevalvonta, sensorit, skenaario, hävittäjä	

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Johdatus aiheeseen	1
1.2	Aihealueen esittely ja aiemmat tutkimukset.....	2
1.3	Tutkimustehtävä ja -kysymykset	4
1.4	Näkökulma, rajaaminen ja viitekehys	6
1.5	Tutkimuksen kulku	7
1.6	Käsitteet ja määritelmät	9
2.	TUTKIMUSMENETELMÄ	10
2.1	Tutkimustilanne	10
2.2	Tutkimus- ja analysointimenetelmät	11
2.3	Tulevaisuudentutkimus	13
2.4	Skenaariomenetelmä	17
2.4.1	Nykytilan kriittinen tarkastelu	19
2.4.2	Skenaarioiden laatiminen.....	20
2.4.3	Vision laatiminen	22
2.4.4	Mission laatiminen.....	23
2.4.5	Vision ja mission vuoropuhelu	23
2.4.6	Skenaarioiden korjaaminen uuden tiedon pohjalta	24
3.	TIEDUSTELU - VALVONTA - KOHDEVALVONTA	25
3.1	ISR käsitteenä.....	29
3.2	Tiedustelusensorit ja tiedonsiirto.....	33
3.3	Nykypäivän länsimainen tiedustelukalusto	37
3.4	ISR osana ilmaoperaatiota	44
4.	VIIDENNEN SUKUPOLVEN HÄVITTÄJÄT	47
4.1	Viidennen sukupolven hävittäjät	49
4.2	ISR-teknologia viidennen sukupolven hävittäjissä	55
5.	SKENAARIOTARKASTELU	59
5.1	Tulevaisuusskenaario	59
6.	POHDINTA	63
6.1	Johtopäätökset	63
6.2	Skenaario	66
6.3	Luotettavuus- ja virhetarkastelu	67
6.4	Jatkotutkimus.....	68
	LÄHTEET.....	69
	LIITTEET	74

5. SUKUPOLVEN HÄVITTÄJÄN ISR-KYVYKKYYDET OPERAATIOSSA

1. JOHDANTO

1.1 Johdatus aiheeseen

Suomen ilmavoimat ovat käynnistäneet HX-hävittäjähankeeseen, jonka tavoitteena on korvata vuonna 2025 alkaen poistuvan Hornet-kaluston suorituskyky. Hävittäjäkaluston suorituskyky on välttämätön osa kokonaisilmapuolustuksen konseptia. Kyvyllä pyritään täydentämään puolustusvoimien tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmää.¹

Ilmapuolustukseen kuuluvat hävittäjä-, valvonta- ja johtamisjärjestelmät kehittyvät jatkuvasti. Tässä tutkimuksessa keskitytään vain hävittäjäjärjestelmiin ja niiden tiedustelu, valvonta ja kohdevalvontasuorituskykyihin (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, ISR). Tutkimusongelma muodostuu viidennen sukupolven hävittäjien aihepiiriin.

Tutkimuksessa selvitetään viidennen sukupolven hävittäjän ISR-kyvykkyyksiä operaatioissa. Aihe on erittäin ajankohtainen, koska ilmasodankäynti ja siihen liittyvä hävittäjätoiminta elävät jatkuvan muutoksen alla. Eri sensorit ja järjestelmät kehittyvät teknologisesti kokoajan.

Tarkastelun kohteena olevaa ISR-toimintaa voidaan suorittaa niin miehitetyillä kuin miehitämättömillä ilma-aluksilla. Yhdysvaltojen ilmavoimat sekä NATO (North Atlantic Treaty Organization) ovat suorittaneet ISR-operaatioita tiedustelutietojen saamiseksi jo useiden vuosien ajan. ISR-teknologiaa tai -toimintaa ei ole kokonaisuudessaan tutkittu ilmavoimissa ai-

¹ Puolustusministeriö: *HX-HÄVITTÄJÄHANKE*,
[http://www.defmin.fi/puolustushallinto/strategiset_suurituskykyhankkeet/havittajahanke], 8.8.2017.

emmin. ISR-toimintaan liittyviä alakäsitteitä, kuten signaali- ja kuvaustiedustelua on tutkittu Maanpuolustuskorkeakoululla niin diplomi kuin pro gradu -tutkielmissa.

Tutkimuksen lähdeaineistona käytetään valmiita dokumentteja ja skenaariotarkastelun avulla luotuja tietoja. Yhdysvaltojen ilmavoimat ovat tehneet aiemmin tutkimusta aiheeseen liittyen. Lisäksi Yhdysvallat ja Kanada ovat julkaisseet doktriinit aiheeseen liittyen. Tutkimusaiheeseen liittyvät lähteet löytyvät pääosin internetistä. Tutkimusmenetelmiin liittyvät lähteet koostuvat pääosin Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjaston menetelmäkirjoista.

Uutta aineistoa tuotetaan tässä tutkimuksessa tulevaisuudentutkimuksen avulla. Tämän tutkimusalan eräs menetelmä on skenaariomenetelmä, jonka avulla pyritään tarkastelemaan tulevaisuuden mahdollisia maailmoja ja näihin johtavia polkuja. Skenaariotarkastelun perusteella pyritään hahmottamaan nykypäivän trendejä ja näiden vaikutuksia tulevaisuuteen. Tämän menetelmän myötä syntyvät tulokset analysoidaan lopuksi teoreettisella tasolla.

1.2 Aihealueen esittely ja aiemmat tutkimukset

”Jo muinaiset foinikialaiset valvoivat alueitaan.”²

Ensimmäisestä maailmansodasta saakka on käytetty ilmasta käsin tapahtuvaa tiedustelua, jolloin sitä toteutettiin niin pallojen kuin ilmalaivojen avulla. Niistä lentäjät tarkkailivat vihollisen joukkojen ja tykistön sijaintia. Varhaisen tiedustelutoiminnan ongelmana oli tilannetiedon saaminen nopeasti organisaatiolle. Lentokoneiden yleistyessä ja kehittyessä tiedustelua voitiin tehdä korkeammilta korkeuksilta sekä syvemmältä vihollisen alueelta. Tiedustelun avulla pystyttiin näkemään vihollisen liikkeitä ja suuntautumisen. Näiden tietojen avulla pystyttiin tekemään vihollisen toiminnasta uhka-arvioita ja suunnittelemaan oma toiminta voitolliseksi.³

Toisen maailmansodan aikana kehittyivät käsitteet IMINT (Imagery Intelligence, kuvaustiedustelu), COMINT (Communications Intelligence, kommunikoinnin tiedustelu) ja ELINT (Electronic Intelligence, elektroninen tiedustelu), jotka kuuluvat kaikki ISR-käsitteen alle. Tekniikan kehittyessä yhdeksi tiedustelun käsitteeksi nousi vielä SIGINT (Signals Intelligen-

² Majuri Lindström Rami, Pro Gradu -seminaari 1, 2017, Santahamina.

³ Major Morton Tyler: *Manned Airborne Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*, Air & Space Power Journal, November-December 2012, s. 36-42.

ce, signaalitiedustelu). Toisessa maailmansodassa suoritettiin niin kuvaustiedustelua vihollisen joukoista kuin elektronista tiedustelua mahdollisista vihollisen tutka-asemista. Kaikki nämä tehtävät suoritettiin edelleen ilma-aluksilla.⁴

Nykypäivänä ISR-operaatioita lennetään niin miehitetyillä kuin miehittämättömillä ilma-aluksilla. Yhdysvaltojen ilmavoimilla sekä muilla NATO-mailla on nykyään käytössä ISR-toimintaan muun muassa seuraavia lentokoneita: Boeing E-3 Sentry, Northrop Grumman E-8 JSTARS, Boeing RC-135, Lockheed Martin U-2, Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk ja General Atomics MQ-1 Predator. Venäjän käytössä olevat tiedustelukoneet sisältävät: Berijev A-50 Mainstay, Ilyushin Il-18, Ilyushin Il-22, Tupolev Tu-214 ja Antonov An-30.

Tulevaisuudessa Yhdysvaltojen ilmavoimien sekä sen liittolaisten tarkoituksena on kehittää ISR-toimintaa, jotta uhkaympäristössä olevat toimijat kuin myös päättäjät saavat realistista tilannekuvaa toimintaympäristöstä. ISR-toiminnan tarkoituksena on tarkkailla ja tiedustella koko spektrin laajuudelta vihollisen toimintaa. Hyvän tilannekuvan avulla pyritään ymmärtämään paremmin vastustajan potentiaalia ja kykyjä. Tämän avulla johtajat voivat tehdä päätöksiä ja komentaa joukkoja.⁵

Tällä hetkellä käytössä tai kehitysvaiheessa ovat seuraavat viidennen sukupolven hävittäjät: Lockheed Martin F-22 Raptor, Lockheed Martin F-35 Lightning II, Sukhoi T-50 PAK FA ja Chengdu J-20. Viidennen sukupolven hävittäjiä on määritelty eri tutkijoiden ja valmistajien puolesta erittäin laajasti. Tässä tutkimuksessa viidennen sukupolven hävittäjiä katsotaan olevan kaikki muut konetyypit paitsi Chengdu J-20. J-20 hävittäjän koelento-ohjelma on vasta aloitettu, joten sen järjestelmistä ei ole vielä tietoa julkisella tasolla olevissa lähteissä. Viidennen sukupolven hävittäjien erot vanhempiin hävittäjämalleihin ovat: integroitu avioniikkajärjestelmä, häiveominaisuudet, yliäänilentämisen mahdollisuus ilman moottorin jälkipolttoa sekä kehittyneet aktiiviset sekä passiiviset sensorit. Näiden järjestelmien avulla hävittäjät pysyvät toimimaan haastavissakin toimintaympäristöissä, joissa tarvitaan erilaisten uhkien havainnointi- ja maalintamiskykyä.⁶

⁴ Morton (2012), s. 36-42.

⁵ United States Air Force A2: *AIR FORCE ISR 2023: DELIVERING DECISION ADVANTAGE*, 2015, s. 4-6.

⁶ Major General Harrigian Jeff ja Colonel Max Marosko: *Maintaining the Joint Force Advantage*, Mitchell Institute for Aerospace Studies Journal, No. 6, Heinäkuu, 2016, [<https://www.japcc.org/fifth-generation-air-combat/>], 8.8.2017.

Tutkimuksen aihepiiriin kuuluvia tutkielmia on Maanpuolustuskorkeakoulussa valmistunut viime vuosina muutamia. Viidennen sukupolven hävittäjiä ja niiden järjestelmiä ovat tutkineet niin kadetit kuin kantahenkilökunta.

ISR-toimintaa ei ole tutkittu kokonaiskonseptin kannalta. Tähän liittyviä alakäsitteitä ovat tutkineet kapteeni Markus Lammi diplomityössään ”Osint-menetelmät ja strateginen tiedustelu” sekä kadettikersantti Saku Lipsonen pro gradu -tutkielmassaan ”Lentotukikohdan kuvaustiedustelu tiedustelusatelliitilla ja lentokoneella”.

Kadetti Ville Tuomainen on tutkinut NTISR-toimintaa (Non-Traditional Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) kriisinhallintatehtävissä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, *”mitä NTISR-käsite tarkoittaa, miten käsitettä on hyödynnetty ilma-aluksissa ja mikä on hävittäjän soveltuvuus kyseiseen toimintaan.”*⁷.

Puolustusministeriö on myös julkaissut työryhmän mietinnön sotilastiedustelua koskevasta lainsäädännöstä, jossa ISR-toimintaan liittyviä käsitteitä on avattu. Viidennen sukupolven ISR-kykyjä tai niiden vaikutuksia operaatioihin ei ole tutkittu. Tämän myötä tutkija katsoo tutkimuksen olevan tarpeellinen tulevaisuutta varten.

ISR-toiminnasta Yhdysvaltojen ilmavoimat ja Kanadan ilmavoimat ovat julkaisseet doktriinit, joissa toiminta kuvaillaan ja tarkoitus selitetään. Lisäksi Yhdysvaltojen ilmavoimien upseerit ovat tehneet tutkimuksia ISR-toiminnasta varsin laajasti. Näiden tietojen myötä tutkimusteemasta on saatu kerättyä tietoa aiheen nykytilasta ja mahdollisista kehityssuunnista. Lisäksi aiempien tutkimusten avulla on voitu muodostaa käsitys aihepiirissä käytetyistä lähderyhmisistä.

1.3 Tutkimustehtävä ja -kysymykset

Tutkimustehtävänä on selvittää, miten viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyvykkyyksiä voidaan hyödyntää operaatioissa. Tätä varten aluksi luodaan ymmärrys ISR-toiminnasta ja viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyvykkyyksistä. Hävittäjästä luodaan malli, jonka toimintaa tarkastellaan skenaariomenetelmän avulla. Mallina ei tule toimimaan mikään käytössä

⁷ Tuomainen Ville: *Hävittäjän soveltuvuus NTISR-toimintaan kriisinhallintaoperaatioissa*, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2013, s.4.

oleva tietty konetyyppi vaan eri järjestelmistä rakennettu tutkijan hahmottelema geneerinen malli.

Päätutkimuskysymys:

Miten viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyvykkyyksiä voidaan hyödyntää operaatioissa?

Päätutkimuskysymystä tukevat seuraavat alatutkimuskysymykset:

1. Miten ISR-toimintaa on toteutettu lentokalustolla?

Ensimmäisen apukysymyksen avulla pohditaan sitä, miten ISR-toimintaa on toteutettu historiassa. Aiempien operaatioiden perusteella voidaan luoda hahmotelma tulevaisuuden toiminnalle.

2. Mitä kokonaisuuksia viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyky käsittää?

Tähän kysymykseen vastaaminen on edellytys tutkimuksen etenemiselle skenaariovaiheeseen. Kartoittamalla viidennen sukupolven hävittäjien ISR-järjestelmiä, kyetään hahmottaa niiden mahdollisia käyttökohteita.

3. Mitkä ovat ISR-kyvykkyyksien käyttömahdollisuudet?

Vastaamalla viimeiseen alatutkimuskysymykseen saadaan käsitys siitä, miten ja mihin ISR-kykyjä voidaan käyttää. Tämän myötä voidaan muodostaa kokonaiskuva hävittäjien toiminnasta, kun tiedetään teknologian käyttömahdollisuudet.

1.4 Näkökulma, rajaaminen ja viitekehys

Tutkimus sijoittuu hävittäjien ja ilmavoimien toiminnan kautta ISR-kokonaisuuteen. ISR-toimintaa käsitellään doktrinaalisella tasolla. Viidennen sukupolven hävittäjiä käsitellään taktisella ja teknisellä tasolla. Kaikista tutkimuskohteista löytyy aiemmin tehtyjä tutkimuksia. Länsimainen tiedustelukalusto on rajattu käsittämään tiedustelu- ja valvontailma-alukset, jotka olivat käytössä Afganistanin sodassa Operaatio Enduring Freedomissa sekä Irakin sodassa Operaatio Iraqi Freedomissa. Operaatioiden hävittäjäkaluston lisäksi tarkastellaan neljännen sukupolven hävittäjistä yhteiseurooppalaista Eurofighter-, Ranskan ilmavoimien Rafale- sekä Ruotsin ilmavoimien Gripen-hävittäjiä. Näiden ilma-alusten eri ISR-järjestelmien avulla luodaan näkemys sensoreiden kehityksestä sekä niiden käytöstä operaatioissa.

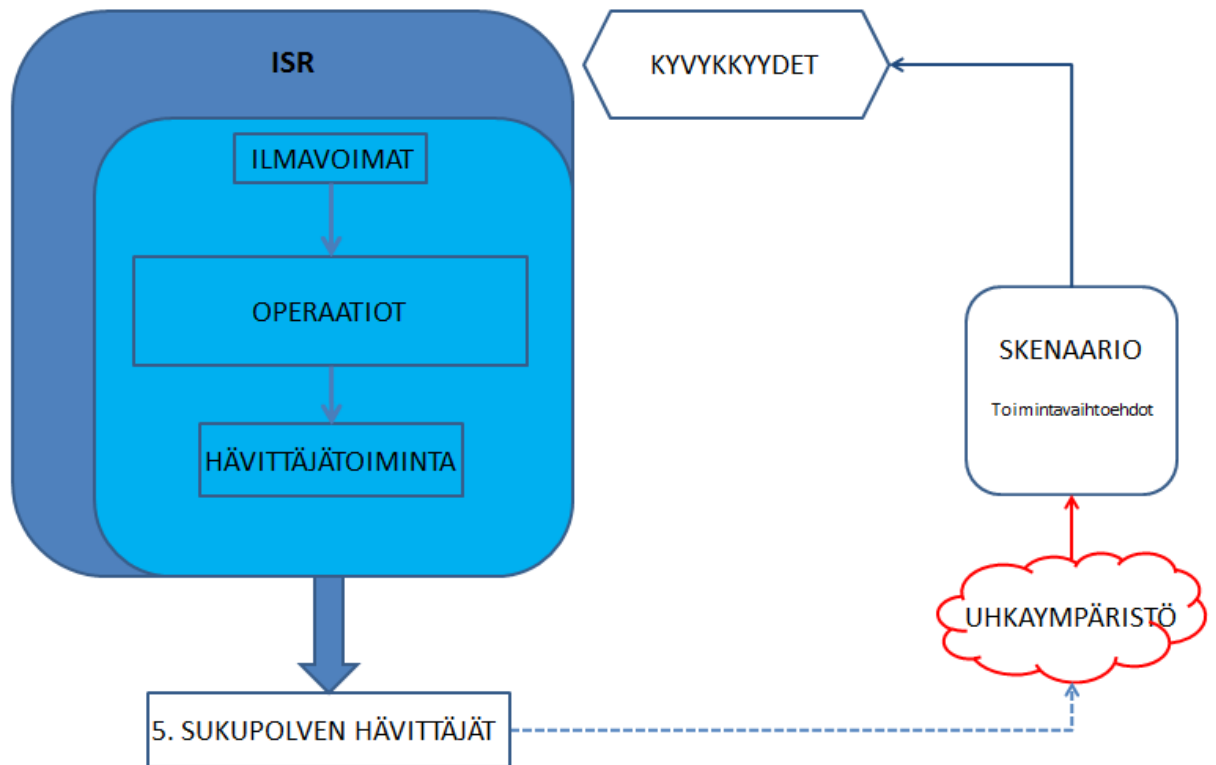
Viidennen sukupolven hävittäjistä tarkastellaan Yhdysvaltojen F-22 - ja F-35-hävittäjiä sekä venäläistä T-50 hävittäjää. Tarkastelussa on yleisesti näiden viidennen sukupolven hävittäjien teknologia ISR-toiminnassa. ISR-teknologia käsittää kaikki sensorit, joilla tiedustelu- tai maallittamistietoa voidaan saada. Näihin sensoreihin kuuluvat muun muassa AESA-tutka (Active Electronically Scanned Array), elektro-optiset sensorit sekä osiltaan myös omasuojajärjestelmä. Tarkastelun kohteena ovat myös tiedonvälitysjärjestelmät, koska ISR-tehtävät ovat tietyiltä osin aikakriittisiä. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty tarkoituksella hävittäjien asejärjestelmät, koska tutkimuksen laajuus olisi kasvanut liian suureksi näiden kanssa.

Tutkimuksen keskeisiksi käsitteiksi nousevat tiedustelu, valvonta, kohdevalvonta sekä sensorit. Näillä käsitteillä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kokonaistiedustelukykä. Tavoitteena on tutkia viidennen sukupolven hävittäjien ISR-teknologian kyvykkyyksiä ja liittää ne osaksi operaatiota. Tutkimuksen operaatio on mallinnettu skenaarion avulla.

Tutkimuksessa käytetään tiedustelusta vain termiä ISR. Hävittäjillä tehtävää tiedustelua kutsutaan nykypäivänä termillä NTISR (Nontraditional Intelligence, Surveillance and Reconnaissance). Tässä toiminnassa hävittäjien tutkia ja maalinsoituslaitteistoja käytetään tiedusteluun. Tämä tutkimus kuuluu tulevaisuudentutkimuksen piiriin, joten siinä oletetaan, että viidennen sukupolven hävittäjien avulla ISR-toiminnasta tulee niin sanotusti normaalia toimintaa hävittäjille. Etuliite ”*nontraditional*” jätetään tämän vuoksi huomiotta.⁸

⁸ Lt Col Shaw Wayne L. III: *Air Land Sea Bulletin*, Air Land Sea Application Center, Langley, 2007, s. 7.

Tutkimuksen viitekehys on esitelty kuvassa 1. Tästä nähdään tutkimusaiheen liityntäpinnat osana laajempaa kokonaisuutta. Viitekehysten tarkoituksena on myös esittää tutkimuksen keskeisiä käsitteitä, niiden suhdetta toisiinsa ja antaa lukijalle kuva tutkimuksen suunnasta. Tämän myötä aihekokonaisuuksien ja tutkimuksen kokonaiskuvan hahmottuminen helpottuu.⁹



Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys

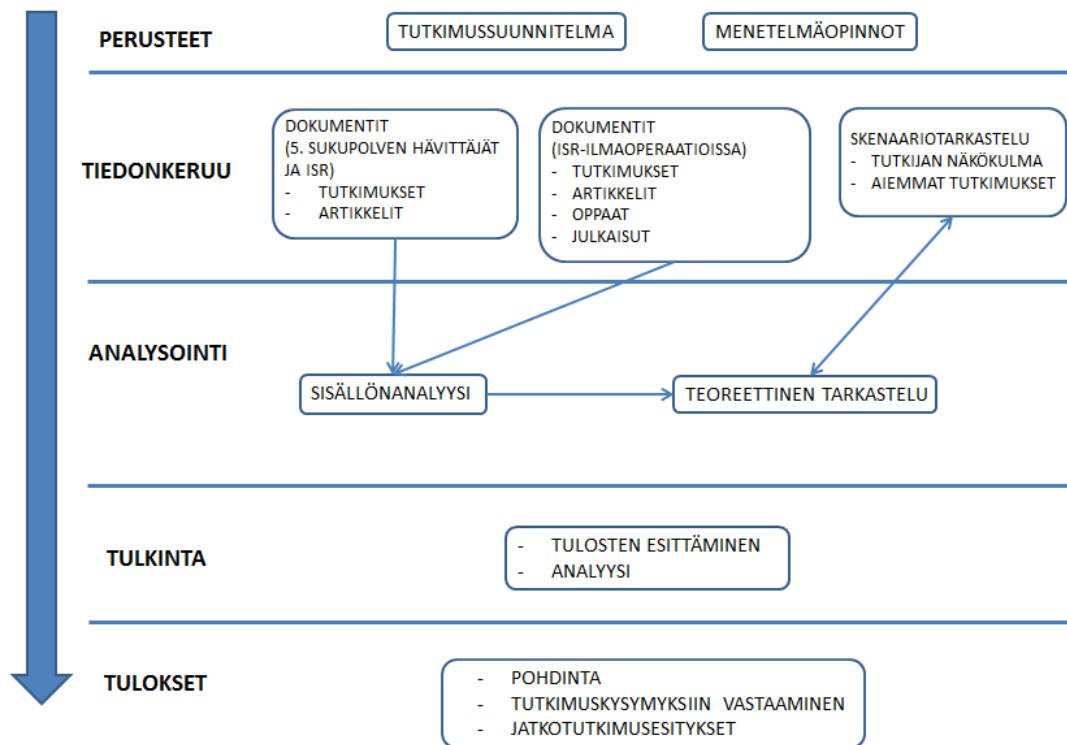
1.5 Tutkimuksen kulku

Tutkimus muodostuu rakenteellisesti kuudesta osasta: tutkimuksen perusteet, tiedon hankinta, tiedon analysointi, tiedon tulkinta, tiedon testaaminen ja tulosten esittäminen. Ensimmäisessä vaiheessa tietoa hankitaan ja lähdemateriaaliin perehdytään. ISR-toimintaan perehdytään syventymällä Yhdysvaltojen sekä Kanadan ilmavoimien doktriineihin ja aiempiin kotimaisiin sekä ulkomaisiin tutkimuksiin. Tarkastelemalla kokonaisuudessaan ISR-toimintaa, saadaan käsitys sen monitahoisesta ulottuvuudesta.

⁹ Huttunen Mika, Metteri Jussi: *Ajatuksia operaatiotaidon ja taktiikan laadullisesta tutkimuksesta*, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008, s. 51.

Tutkimuksen analysointi- ja tulkintavaiheessa vastataan kahteen ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen, jonka perusteella luodaan ymmärrys kahdesta eri kokonaisuudesta, jotka ovat ISR-toiminta sekä viidennen sukupolven hävittäjät. ISR-toimintaa tutkitaan vain käsitteellisellä tasolla. Viidennen sukupolven hävittäjiä tutkitaan niiden käyttämien sensorijärjestelmien pohjalta. Nämä kokonaisuudet luovat pohjan skenaariotarkastelulle. Skenaariotarkastelussa geneerisen hävittäjämallin toimintamahdollisuuksia tarkastellaan tutkimuslaitos RAND:in tekemässä skenaariossa. Skenaariota on muokattu tutkijan toimesta niin hävittäjämallin kuin uhkaympäristön osalta. Skenaarion johtopäätöksiä tarkastellaan luvussa 6.2.

Aineiston ja skenaarion tulosten perusteella tutkimus etenee tulkintavaiheeseen, jossa muodostetaan kokonaiskuva viidennen sukupolven hävittäjien ISR-suorituskyvyistä ja niiden käytöstä operaatiossa. Kuvassa 2 on esitelty tutkimusprosessin eteneminen vaiheittain.



Kuva 2. Tutkimusprosessi

1.6 Käsitteet ja määritelmät

AESA (*Active Electronically Scanned Array*) tarkoittaa elektronisesti keilaavaa tutkaa.

ISR (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*), tarkoittaa tässä tutkimuksessa tiedustelua, valvontaa ja kohdevalvontaa.

SIGINT (*Signal intelligence*), tarkoittaa signaalitiedustelua.¹⁰

ELINT (*Electronic intelligence*), tarkoittaa elektronista tiedustelua.¹¹

COMINT (*Communications intelligence*), tarkoittaa viestisignaaleihin kohdistuvaa tiedustelua.¹²

IMINT (*Imagery intelligence*), tarkoittaa kuvaustiedustelua¹³

Viidennen sukupolven hävittäjä, tarkoittaa tässä tutkimuksessa hävittäjää, joka omaa kehittyneitä ominaisuuksia ja järjestelmiä. Näitä ominaisuuksia ovat: kehittynyt avioniikkajärjestelmä, sensorifuusio ja pienennetty tutkapoikkipinta-ala sekä yliäänilentämisen mahdollisuus ilman moottorin jälkipolttoa.

Elektro-optiikka, on optisen säteilyn luomista, muokkaamista, havaitsemista tai esittämistä, elektroniikan keinoin hyödyntävä teknologia.¹⁴

Tutkapoikkipinta-ala, on suure, joka kertoo kohteen kyvystä heijastaa tutkasignaaleja tutkan vastaanottimen suuntaan.¹⁵

¹⁰ Kosola Jyri, Solante Tero: *Digitaalinen taistelukenttä, Informaatioajan sotakoneen tekniikka*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki 2003, s. 276.

¹¹ Kosola ja Solante (2003), s. 276.

¹² Sama (2003), s. 24.

¹³ Kari Mikko, Hakala Arto, Pääkkönen Elisa, Pitkänen Markku: *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 osa 2 Puolustusjärjestelmien kehitys*, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008, s. 50.

¹⁴ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen, osa 2 (2008), s. 232.

¹⁵ Kosola ja Solante (2003), s. 355.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

2.1 Tutkimustilanne

ISR-toimintaa on tutkittu ja pohdittu useissa eri tutkimuksissa. Nämä tutkimukset käsittelevät ISR-toimintaa sen historian kautta tulevaisuuden mahdollisuuksiin. Viidennen sukupolven hävittäjämallin osalta tarkastellaan kehityksen trendejä ja painopistealue luodaan hävittäjämallin sensoreihin, jotka pystyvät toimimaan osana ISR-tehtäviä. Tällä tutkimuksella pyritään luomaan käsitys ISR-toiminnasta ja viidennen sukupolven hävittäjistä osana operaatiota.

Tilannetiedon kerääminen ja analysointi sekä tilannekuvan muodostaminen elävät uutta nousukautta Suomessa. Tähän on syynä toimintaympäristön muutos ja sen tuomat haasteet. Toimintaympäristö sisältää niin kyberuhat, hybridivaikuttamisen kuin perinteisen voimapolitiikan.¹⁶ Niin Euroopan maiden kuin Yhdysvaltojen ilmavoimat ovat pohtineet samaa asiaa. Toisen maailmansodan jälkeen Yhdysvaltojen ilmavoimat olivat teknologisesti muiden yläpuolella. Nykyään toimintaympäristön nopean muutoksen takia ilmavoimat haluavat vastata uusiin uhkiin uudentekniikoilla.^{17 18}

Suurin haaste tässä tutkimuksessa on tuottaa realistista tietoa viidennen sukupolven teknologiasta. Lisäksi tulevaisuuden uhkaympäristön oikeanlainen kuvaus osoittautuu varmasti haasteeksi. Viidennen sukupolven hävittäjien tarkat kyvykkyydet ovat salassa pidettävää tietoa, joten lähdemateriaalia ei ole saatavilla niiden käytöstä. Tämän vuoksi tutkimuksesta on tehty tulevaisuudentutkimus. Skenaariotarkastelun avulla pyritään luomaan kuvaus mahdollisista toimintamalleista, ja siitä mitä kohteita vastaan järjestelmiä voidaan käyttää.

¹⁶ Sallinen Anu: *Sotilasaikakausilehti 6-7 2017*, AO-Paino, Mikkeli, 2017, s. 18.

¹⁷ Lt Col Frederick E. Bush III: *Evolving Intelligence, Surveillance & Reconnaissance (ISR)*, Air University, Air War College, Maxwell AFB, 2013, s. 4.

¹⁸ Chizek Judy G.: *Military Transformation: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*, Report for Congress, 2002, s. 4.

2.2 Tutkimus- ja analysointimenetelmät

Tutkimus on lähestymistavaltaan laadullinen tutkimus. Laadulliselle tutkimukselle ominaista on tiedon kokonaisvaltainen hankinta, jonka aineisto kootaan luonnollisista ja todellisista tilanteista.¹⁹ Tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa tietoa viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyvykkyyksistä operaatiossa. Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus, jonka toteuttamiseen käytetään apuna aineistolähtöistä sisällönanalyysia. Analyysin päättelyn logiikkana käytetään induktiivista päättelyä. Induktiiviselle päätelleyllä ominaista on kerätä aineistosta havaintoja ja muodostaa niistä teoria.²⁰ Tutkimuksen lähtökohtana ei ole minkään tietyn teorian tai hypoteesin testaaminen vaan aineiston yksityiskohtainen tarkastelu. Tämän avulla pyritään paljastamaan tutkittavasta aiheesta odottamattomia seikkoja.²¹ Uutta tietoa luodaan skenaariotarkastelun avulla, jossa tutkitaan viidennen sukupolven hävittäjämallin toimintaa operaatiossa ISR-toiminnan kannalta.

Kirjallisuuskatsaus kuuluu teoreettisen tutkimuksen piiriin. Tässä tutkimuksessa ajatuksena on koota ja tiivistää eri lähteistä saadut tiedot yhteen. Tällä tavalla saadaan luotua käsitys tutkittavasta ilmiöstä. Tässä prosessissa käytetään apuna aineistolähtöistä sisällönanalyysia.²²

Aineistolähtöisessä sisällönanalyysissa tutkimusaineistosta pyritään luomaan teoreettinen kokonaisuus. Analysoitavat yksiköt on valittu tutkimuskysymysten mukaan.²³ Sisällönanalyysin tarkoituksena on yhdistää erilaisista dokumenteista saatava informaatio ja muodostaa tästä yksi selkeä kokonaisuus tutkittavasta ilmiöstä.²⁴ Aineistolähtöisessä tutkimuksessa aineisto on kirjallisessa muodossa tai se syntyy haastattelujen ja mittausten tuloksena.²⁵ Tämän tutkimuksen lähteinä käytetään tutkimuksia, doktriineja, dokumentteja, raportteja, internetsivustoja ja oppaita.

¹⁹ Hirsjärvi Sirkka, Remes Pirkko ja Sajavaara Paula: *Tutki ja kirjoita*, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 1997, s. 164.

²⁰ Huttunen ja Metteri (2008), s. 51.

²¹ Hirsjärvi, Remes, Sajavaara, 1997, s. 164.

²² Tuomi Jouni, Sarajärvi Anneli: *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Vantaa, 2013 s. 123.

²³ Tuomi ja Sarajärvi (2013), s. 95.

²⁴ Huttunen (2008), s. 53.

²⁵ Sama (2008), s. 54.

Laadullisen aineiston analyysia kuvataan kolmevaiheiseksi prosessiksi: ”1) *aineiston redusointi eli pelkistäminen*, 2) *aineiston klusterointi eli ryhmittely* ja 3) *abstrahointi eli teoreettisten käsitteiden luominen*.”²⁶ Pelkistämässä aineistosta karsitaan tutkimukselle epäolennaiset asiat pois. Tässä tutkimuksessa informaatiota tiivistetään ja jaotellaan osiin tutkimuksessa olevien päälukujen mukaan. Aineiston pelkistämistä ohjaa siis vahvasti tutkimustehtävä. Tällä tavoin pyritään löytämään lähdemateriaalista tutkimustehtävälle olennaiset ilmaukset. Käytännössä tässä tutkimuksessa pelkistäminen tapahtuu lukemalla aineistoa ja alleviivaamalla tutkimustehtävän kysymyksiä kuvaavia ilmaisuja yliviiivauskynällä.²⁷

Seuraavaksi aineisto klusteroidaan eli ryhmitellään. Tässä aineisto käydään tarkasti läpi ja siitä etsitään samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia kuvaavia käsitteitä. Aineisto voitaisiin jakaa luokiksi, jotka nimetään luokkaa kuvaavalla käsitteellä. Luokitteluyksikkönä voi toimia tutkittavan ilmiön ominaisuus, piirre tai käsitys. Luokittelun avulla aineistoa saadaan tiivistettyä. Tässä tutkimuksessa aineisto on jaettu tutkimuksen otsikoiden mukaisesti luokkiin. Klusteroinnin avulla luodaan pohja tutkimuksen perusrakenteelle. Käsitteitä tai aineistoa ei ole erikseen taulukoitu visuaalisesti kuvaajaksi.²⁸

Abstrahoinnissa tutkimuksen kannalta oleellinen tieto erotellaan. Näiden tietojen myötä voidaan alkaa muodostaa teoreettisia käsitteitä. Ryhmittely ja abstrahointi prosessit toimivat osittain rinnakkain analysointi prosessissa. Abstrahoinnissa alkuperäisen informaation myötä tuotetaan teoreettisia käsitteitä ja johtopäätöksiä. Käsitteellistämässä aineiston luokituksia yhdistellään niin kauan kuin se on mahdollista.²⁹ Tässä tutkimuksessa yläkäsitteinä ovat ISR ja viidennen sukupolven hävittäjien käsitteet pyritään yhdistämään niin pitkälle kuin mahdollista. Osaa alakäsitteistä yhdistetään myös suoraan ISR-yläkäsitteeseen, koska hävittäjien eri järjestelmiä tulee tutkia osana yläkäsitteitä. Tällöin saadaan muodostettua tutkittavasta ilmiöstä kuvaus yleisessä muodossa.

²⁶ Tuomi ja Sarajärvi (2013), s. 108.

²⁷ Sama (2013), s. 109.

²⁸ Sama (2013), s. 110.

²⁹ Sama (2013), s. 111.

2.3 Tulevaisuudentutkimus

Tämän luvun tarkoituksena on käsitellä tulevaisuudentutkimuksen perusteita. Tulevaisuudentutkimuksen perusteiden jälkeen perehdytään skenaariomenetelmään ja esitellään sen eri vaiheet. Näin saadaan muodostettua kuvaus tulevaisuudentutkimuksesta tieteenalana ja samalla luotua teoriapohja tälle tutkimukselle.

Emme pysty vaikuttamaan maailman menneisyyteen. Deterministien mukaan maailman nykyinen tila määrittää sen tulevat tilat. Näin ollen maailman ja ihmisen tulevaisuus olisi jo määrätty ennalta. Tulevaisuudentutkimus kannustaa indeterministiseen ajatteluun. Tällöin tulevaisuus on avoin ja täynnä vaihtoehtoisia mahdollisuuksia. Tulevaisuus ei ole siis samalla tavalla todellinen verrattuna menneisyyteen sekä nykyisyyteen.³⁰

Nykyisen tieteen avulla voidaan joitakin tulevaisuuden piirteitä ennustaa. Lisäksi pystytään arvioimaan vaihtoehtoisia tulevaisuuksia. Nämä eivät kuitenkaan ole tulevaisuudentutkimuksen keskeisimpiä tehtäviä. Tulevaisuudentutkimuksen avulla pyritään pohtimaan, mitä strategisesti meidän tulisi tehdä, jotta tulevaisuus toteutuisi päämääriemme mukaan.³¹ Näiden tiettyjen päämäärien ja niiden saavuttamisen myötä on monia tulevaisuuden kehityskulkuja, joita kutsutaan tulevaisuuspoluiksi. Tulevaisuuspolkujen avulla pystytään kulkemaan erilaisia reittejä nykyisen ja mahdollisten maailmojen välillä.³² Tämän tutkimuksen kohde sijaitsee ajallisesti nykyhetkessä. Tätä kohdetta tarkasteltaessa erilaisista näkökulmista ja eri tavoitteiden avulla pystytään luomaan perusteltuja kehityskulkuja tulevaisuudelle. Näistä asioista nykyisyys ja mahdolliset maailmat voidaan nähdä kahtena eri konseptina. Näiden kahden eri maailmantilan välillä on useita tulevaisuuspolkuja. Mahdolliset maailman voivat erota toisistaan sisällön ja asiantilan suhteen. Lisäksi eri tulevaisuuspolut muuttavat mahdollisia maailmoja.³³ Tulevaisuuspolkujen tarkastelu on osa tämän tutkimuksen menetelmää. Tällöin erilaisiin maailmoihin johtavia reittejä arvioidaan havainnoimalla trendejä. Tässä tutkimuksessa tekniikan kehityssuunnat määrittävät tulevaisuuden mahdollisia maailmoja.

³⁰ Kamppinen Matti, Osmo Kuusi, Sari Söderlund: *Tulevaisuudentutkimus, Perusteet ja sovellukset*, Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896, Kirjakauppa/Tallprint 2002, s. 8.

³¹ Kamppinen ja muut (2002), s. 9.

³² Sama (2002), s. 25.

³³ Sama (2002), s. 27.

Tulevaisuudentutkimuksessa tarkastellaan erilaisia kehitystrendejä tulevaisuuden tietämisen näkökulmasta. Lisäksi tarkastellaan, mikä on mahdollista ja etsitään vaihtoehtoisia tulevaisuuksia. Näiden tulevaisuuksien todennäköisyyttä ja toivottavuutta arvioidaan erilaisten menetelmien avulla. Ennen kaikkea tulevaisuutta ei voida ennustaa.³⁴ Tulevaisuutta ei voida tarkastella konkreettisena ilmiönä, koska sitä ei ole vielä olemassa. Näin ollen tulee pohtia, mikä on todennäköistä ja toivottavaa tai uhkaavaa. Nykyhetken faktat ja tulevaisuuteen vaikuttavat muuttujat luovat kuitenkin pohjan mahdollisille tulevaisuuden maailmoille.³⁵ Tulevaisuuspolut eli reitit mahdollisiin maailmoihin kytkevät nykyiset faktat näihin mahdollisiin maailmoihin. Tässä tutkimuksessa viidennen sukupolven hävittäjien uhkaympäristö on yksi tärkeimmistä kehityskulkuun vaikuttavista muuttujista. Hävittäjien teknologia ja erilaiset laitteistot ovat jo nykypäivää. Luodaksemme uskottavia kuvauksia mahdollisesta tulevaisuudesta tulee hävittäjämalli asettaa realistiseen toimintaympäristöön. Näiden vaikuttavien muuttujien löytämisen jälkeen voidaan nähdä jokin tietty maailma todennäköisenä. Tämä ei kuitenkaan takaa ennustuksen onnistumista, koska todellinen tilanne voidaan nähdä vasta tarkasteluajan jälkeen.^{36 37}

Mahdolliset maailmat ovat tapahtumainkalkuja ja asiointiloja, jotka voivat olla saavutettavissa jonkun tietyn toimijan toimenpiteillä. Näiden maailmojen arvosisällöt ja riskit vaihtelevat. Tämän myötä ne ovat eri ihmisten intressien kannalta erilailla haluttuja tai vältettäviä. Mahdollisten maailmojen toteutumiseen vaikuttavat niihin liittyvien toimijoiden tavoitteet ja voimavarat. Lisäksi erilaisista toimijoista riippumattomat rajoitteet ja toimijoiden välinen kilpailu muokkaavat tulevaisuuden maailmoja. Nämä kaikki yhdessä määrittävät mahdollisten maailmojen saavutettavuuden.³⁸ Mahdolliset maailmat voivat olla erilaisia toisistaan ominaisuuksien perusteella tai niihin kulkevien tulevaisuuspolkujen perusteella. Samoilla ominaisuuksilla varustetut mahdolliset maailmat eivät siis ole yhteneviä, koska niihin menevät reitit eroavat toisistaan.³⁹ Tämän myötä samaan lopputulokseen voidaan päästä monien eri polkujen seurauksena. Näiden erilaisten polkujen muuttujina voi olla esimerkiksi tekniikan kehittyminen. Tällöin mahdolliseen maailmaan päästään nopeammassa ajassa, kun muutoin maailma toteutuisi pidemmän aikavälin jälkeen.

³⁴ Rubin, Anita: *Topi, Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit*, Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kaupakorkeakoulu, Turun yliopisto, [<http://www.tulevaisuus.fi/topi/>], 1.8.2017.

³⁵ Osmo Kuusi, Timo Bergman, Hazel Salminen: *Miten tutkimme tulevaisuuksia*, Tulevaisuuden tutkimuksen seura ry, Vammalan kirjapaino, Sastamala 2013, s. 21.

³⁶ Kamppinen ja muut (2002), s. 29.

³⁷ Hiltunen, Elina: *Matkaopas tulevaisuuteen*, Talentum, Helsinki, 2012, s. 44.

³⁸ Kamppinen ja muut (2002), s. 26.

³⁹ Sama (2002), s. 29.

Ihmisen yksi luontainen tapa ajatella on trendiajattelu. Tällöin nojaututaan ajattelemaan kehitystä ja tulevaisuutta tietyn mallin mukaan. Malli voi edetä nykypäivästä tulevaisuuteen lineaarisesti, eksponentiaalisesti, syklisen heilahtelun tai näiden yhdistelmiä noudattaen. Ajattelumallin perustana on, että samanlainen toiminta jatkuu myös tulevaisuudessa.⁴⁰ Hyvänä esimerkkinä trendiajattelusta toimivat pörssikurssit. Laman jälkeen optimistiset ajatukset valtaavat markkinat ja kurssien odotetaan nousevan tasaisesti ylöspäin. Trendiajattelu olettaa, että historiallinen kehitys antaa selvän kuvan myös tulevaisuuden kehityskulusta.⁴¹

Peruslähtökohta tämän kaltaiseen ajatteluun on muuttumaton muutos. Muuttumattoman muutos olettaa, että tarkastelu kohteena oleva ilmiö jatkaa tulevaisuudessa samoja jaksollisia heilahteluja kuin historiassa. Tämän kaltaisessa ajattelumallissa uskotaan, että poliittisten tekijöiden, arvojen ja ympäristötekijöiden vaikutukset pysyvät entisellään. Näin ollen ulkopuoliset rakenteet eivät vaikuttaisi ajatteluun.⁴² Skenaarioiden rakentaminen ja tulevaisuuspolkujen tarkastelu ei saa nojata tässä tutkimuksessa liikaa trendiajatteluun. Uhkaympäristöä tarkasteltaessa on aina pidettävä mielessä odottamattoman muutoksen mahdollisuus. Tämän tutkimuksen aikana ei asetekniikassa tapahdu merkittäviä muutoksia, mutta uhkaympäristön monimuotoisuuteen on aina hyvä varautua.

Inhimillinen käsitys tulevaisuuden ajattelussa tulee esiin otaksuttaessa jonkin teknologisen ratkaisun olevan valmiissa lopputilassa. Mannermaa kuvaa tällaista ajattelua kirjassaan: ”*Tässä se on nyt*” -ajattelumalliksi.⁴³ Tässä ajattelumallissa uskotaan, että pitkään kehitetty kohde on lopullisessa versiossa eikä sitä voida muuttaa enää mitenkään.⁴⁴ Kehitettävää ratkaisumallia voidaan myös liioitella tai vähätellä. Liioittelussa uusi teknologinen ratkaisu koetaan erittäin myönteiseksi ja samalla sen toivotaan toteutuvan nopeammin kuin todellisuudessa tapahtuu. Vähättely toimii päinvastaisesti verrattuna liioitteluun. Siinä ilmiön todellista merkitystä ja potentiaalia ei huomioida, vaikka se voisi nousta trendiksi tai jopa megatrendiksi.⁴⁵ Tulevaisuudentutkimuksessa tulee suhtautua siis kriittisesti ääripää-ajattelumalliin. Trendejä huomatessaan tutkija varmasti lankeaa liioitteluun. Maltillisuus tulee säilyttää pohdittaessa eri tulevaisuuspolkuja. Tulevaisuuspolkuja tutkiessa trendit voivat pitää paikkansa niin kauan, kun jokin odottamaton muuttuja tai arvo tulee mukaan.

⁴⁰ Mannermaa Mika: *Heikoista signaaleista vahva tulevaisuus*, WSOY, 2004, s. 23.

⁴¹ Mannermaa Mika (2004), s. 24.

⁴² Sama (2004), s. 24.

⁴³ Sama (2004), s. 20.

⁴⁴ Sama (2004), s. 21.

⁴⁵ Sama (2004), s. 30.

Skenaariot ovat tulevaisuuden kuvia, jotka perustuvat olettamuksiin. Näiden avulla pyritään moniulotteisesti ja kokonaisvaltaisesti kuvaamaan tulevaisuuden toimintaympäristöä sekä kehityspolkuja, jotka vievät nykyisyydestä tulevaisuuteen. Skenaariotyöskentelyssä kuvataan ainakin kahden vaihtoehtoisen skenaarion mallia ilmiön toimintaympäristössä. Tämän myötä saadaan aikaan näkemys siitä, mitä ilmiö voi ja haluaa olla näissä ympäristöissä.⁴⁶ Tulevaisuuskuvat voidaan määritellä sopiviksi valitsemalla tärkeiksi koetut mahdollisten maailmojen sisältämät osa-alueet. Näiden myötä skenaarioista pyritään löytämään olennaiset tulevaisuuspolut.⁴⁷ Skenaariot voivat olla rakennettu mielivaltaisesti, mutta suurimman hyödyn niistä saa, kun ne ovat johdonmukaisesti eteneviä ja riittävän todenperäisiä.⁴⁸ Niiden tulisi sisältää seuraavat kolme peruselementtiä: nykytilan kuvaus, tulevaisuudentilan kuvaus ja kuvaus prosessista, joka liittää nämä kaksi toisiinsa.⁴⁹

Skenaariot voivat olla todennäköisiä tai epätodennäköisiä. Niissä voidaan edetä nykyhetkestä tulevaisuuteen tai päinvastoin, mutta niiden tulisi olla mahdollisia. Tunnettu skenaarioasiantuntija Michel Godet on jakanut skenaariot kahteen malliin, mitkä ovat eksploratiivinen (tutkiva) ja normatiivinen (tavoitteellinen).⁵⁰

Eksploratiivisissa skenaarioissa tarkastellaan menneisyyden, nykyhetken ja tulevaisuuden trendejä. Näistä pyritään löytämään todennäköisiä kehityskulkuja niin, että perusoletuksia vaihdellaan. Normatiivisissa skenaarioissa edetään tulevaisuudesta nykyhetkeen. Ne perustuvat visioihin halutusta tulevaisuudesta, tulevaisuuskuviin tai pelätystä tilanteesta tulevaisuudessa.⁵¹ Tämä tutkimus toteutetaan eksploratiivisena skenaariona. Uskottavien skenaarioiden rakentaminen on yksi tämän tutkimuksen päämääristä. Sijoittamalla viidennen sukupolven hävittäjämalli erilaisiin uhkakuviin saadaan hahmotettua erilaisia tulevaisuuskuvia. Mahdolliset skenaariot saadaan luotua niin, että jokaisen valitun arvon toteutumista seuraa todenperäinen tapahtumaketju.

Heikot signaalit ovat ilmiöitä, jotka omaavat pienen toteutumistodennäköisyyden, mutta suuren potentiaalisen vaikutuksen.⁵² Nämä signaalit ilmenevät tulevaisuudesta vain vertauskuvallisesti, koska tulevaisuutta ei vielä ole. Nykyhetken piirteiden avulla voidaan arvioida tulevai-

⁴⁶ Kuusi ja muut (2013), s. 179.

⁴⁷ Kamppinen ja muut (2002), s. 167.

⁴⁸ Sama (2002), s. 121.

⁴⁹ Mannermaa Mika: *Tulevaisuuden hallinta - skenaariot strategiatyöskentelyssä*, WSOY, Porvoo, 1999, s. 57.

⁵⁰ Mannermaa (1999), s. 58.

⁵¹ Sama (1999), s. 58.

⁵² Mannermaa (2004), s. 44.

suutta ja näin ollen heikkoja signaaleja voidaan ennakoivasti jäljittää.⁵³ Heikoista signaaleista voi myös vahvistua trendi. Mika Mannermaa antaa esimerkin teoksessaan ”*Heikoista signaaleista vahva tulevaisuus*” internetistä, mikä oli heikko signaali 1990-luvun alussa, mutta vahvistui ja levittäytyi voimakkaaksi trendiksi tullessa kohti nykypäivää.⁵⁴ Heikoille signaaleille on ominaista, että ne elävät vain hetken. Ne antavat ennakkovaroituksen muutoksesta tai kehityssuunnasta. Näin ollen heikko signaali tulee osata yhdistää ja sijoittaa oikeissa mittasuhteissa jo tapahtuneeseen ilmiöön, jotta voidaan olettaa tulevaisuuden seurauksia.⁵⁵ Tässä tutkimuksessa ei ole tarkoitus löytää heikkoja signaaleja vaan arvioida tulevaisuudessa tapahtuvia maailmoja ja näissä olevia toimenpidemahdollisuuksia. Tutkimuksesta voi kuitenkin nousta esiin heikkoja signaaleja, joita pitää pystyä ymmärtämään. Pääasiallisesti signaalit voivat vaikuttaa vähäpätöisiltä, mutta niiden olemassaoloa ei voida täysin kieltää.

Tulevaisuudentutkimuksen laadullisuutta voidaan arvioida vasta, kun tutkittavan ilmiön aika on mennyt ohi. Tutkimusta tehdessä tietomateriaali on aina puutteellista ja vähäistä. Tulevaisuusarvio vaikuttaa aina todelliseen kehitykseen ja itseensä joko vahvistavasti tai heikentävästi. Näiden arvioiden seuraus- ja kerrannaisvaikutuksien arviointi on erittäin vaikeaa. Hyvä tulevaisuudentutkija osaisi ottaa huomioon monia tiedostamattomia ja epäsuoria arvoja tutkimuksessaan. Näiden avulla tulevaisuuspolut muodostuisivat laajemmiksi ja ottaisivat enemmän asioita huomioon. Odottamattomien muuttujien skaala pienenesi.⁵⁶

2.4 Skenaariomenetelmä

Uskottavat skenaariot ovat johdettu loogisesti nykyhetken tiedoista ja ymmärryksestä. Näiden avulla pyritään mallintamaan erilaisia tulevaisuuden tiloja. Tämän myötä tässä tutkimuksessa käytetään sisällön analyysin ohella skenaariomenetelmää. Tulevaisuusprojekteissa tulisi aina tavoitella uskottavuutta ja vaikuttavuutta.⁵⁷ Niiden ei tulisi sisältää ristiriitaisuuksia ja ne käsittelevät olennaisia tekijöitä ollen samalla monialaisia. Skenaarioiden tulisi perustua tilastolliseen tai muuhun empiiriseen analyysiin nykyhetkestä. Näiden perusteella tutkimuksella voi olla suuri tai vähäinen vaikutus tulevaisuuteen.⁵⁸

⁵³ Kamppinen ja muut (2002), s. 32.

⁵⁴ Mannermaa (2004), s. 45.

⁵⁵ Rubin, 2.8.2017.

⁵⁶ Mannermaa (2004), s. 33.

⁵⁷ Sama (2004), s. 36.

⁵⁸ Sama (2004), s. 37.

Suuren uskottavuuden ja suuren vaikutuksen tavoittelu on tämän tutkimuksen tavoitteena. Mannermaa toteaa kuitenkin kirjassaan, että: ”Näiden tutkimusten päätarkoitus on harjaannuttaa jatko-opiskelijaa tieteellisesti päteväksi tulevaisuudentutkijaksi, ei niinkään muuttaa maailmaa tutkijan ympärillä.”⁵⁹ Vaikuttavuuden ja uskottavuuden tavoittelu on kuitenkin varsin hankalaa, koska siihen vaikuttavat niin tutkimuksen tekijä kuin ympärillä oleva organisaatio. Mikäli sitoutuminen on molemmin puolin pinnallista, projektin epäonnistuminen on väistämätöntä.⁶⁰

Tehtäessä tulevaisuuden arviointia ja rakennettaessa skenaarioita tulee muistaa muutama perussääntö. Mannermaan mukaan empiirisen aineiston koko ei ratkaise tulosten uskottavuutta. Liian laajan aineiston kanssa tarkastelu jää usein pinnalliseksi. Pienten aineistojen kanssa ongelmaiseksi muodostuu yleistettävyyys. Oikea aineiston koko on ratkaistava aina tapauskohtaisesti. Ennusteet ja tulevaisuuden arvioinnit eivät voi olla liian tarkkoja. Arvioiden ei tulisi myöskään perustua vanhoihin trendeihin, vaan niiden sijasta uusiin ilmiöihin ja heikkoihin signaaleihin. Näiden kehityspotentiaali on suurempi kuin vanhojen trendien. Tällä ei kuitenkaan tarkoiteta sitä, että trendit pitäisi kokonaan jättää pois. Suuret megatrendit auttavat tunnistamaan kehityksen suuntia. Näiden pääsuuntien seuraaminen helpottaa kokonaisuuden hahmottamista.⁶¹

Tulee muistaa, että skenaariot ja erilaiset ennusteet ovat epätäydellisiä. Liian monialaisten skenaarioiden tavoittelussa moni olennainen tekijä jää tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi koko tutkimusprosessiin liittyvät suunnitelmat, ennusteet, päätökset ja skenaariot elävät jatkuvassa vuorovaikutuksessa. Skenaariot ilmaisevat vain väliaikatietoja, koska erilaiset ennusteet vaikuttavat toimintaan ja toiminta luo pohjan muuttaa näitä ennusteita. Arvojen huomiointi luo pohjan tulevaisuusarvioille ja ennusteille. Tärkeiksi tunnistettujen arvojen pohjalta tutkimuskohde voidaan rajata ja tällä tavoin valitaan muuttujat prosessiin.⁶²

Skenaarioprosessin lähtökohtana voidaan pitää strategisen tehtävän määrittelyä. Sillä varmistetaan, että skenaariot eivät ole irrallisia kuvia tulevaisuudesta. Tulee miettiä, mihin asiaan tällä hetkellä uskotaan ja mihin päätöksenteko voi varauksetta perustua. Tämän myötä saadaan tietoa siitä, missä ollaan nykyhetkellä ja minkä varassa voidaan edetä kohti tulevaisuutta.

⁵⁹ Mannermaa (2004), s. 38.

⁶⁰ Sama (2004), s. 38.

⁶¹ Sama (2004), s. 41-42.

⁶² Sama (2004), s. 41-42.

Toisessa vaiheessa tulee irrottautua nykytilanteesta ja alkaa kartoittaa toimintaympäristön muutoksia yleisellä tasolla. Kokonaisuutta tulee tarkastella useiden näkökulmien kautta. Skenaarioita laadittaessa havaitut trendit eivät välttämättä ole relevantteja samalla aikajänteellä. Tällöin voidaan tarkastella ilmiöiden takana olevia toimijoita, jolloin asiaan päästään systemaattisemmin kiinni. Tämän jälkeen aletaan tunnistaa skenaarioiden sisällä olevia muuttujia. Muuttujat ovat osiltaan varmasti eri tasoilla, joten ne pitää luokitella aktorilähtöisesti. Karsintaa muuttujien osalta tulee suorittaa ja jättää jäljelle vain kriittisimmät tekijät.⁶³

Lopulliseen skenaariotarkasteluun valitaan yleensä parillinen määrä vaihtoehtoja. Parillinen määrä on valittu siksi, jotta vältetään keskimmäisen kompromissin mahdollisuus. Näiden vaihtoehtojen katsotaan edustavasti kuvaavan tulevaisuuden vaihtoehtojen kirjoa. Skenaarioita voitaisiin laatia kuinka monta tahansa, mutta tässäkin tutkimuksessa aika ja resurssit ovat rajalliset. Työ on viety loppuun asti vasta, kun lopullisia skenaarioita peilataan strategista tehtävää vasten ja sen pohjalta tehdään johtopäätöksiä. Tämän myötä saadaan selville, voidaanko tehtävää toteuttaa kaikissa vaihtoehtoisissa vai joudutaanko tekemään muutoksia jonkin asian suhteen.⁶⁴

Liitteessä 1 on esitelty Turun kauppakorkeakoulun tulevaisuudentutkimuksen keskuksen skenaariomenetelmä, jota sovelletaan tässä tutkimuksessa. Se noudattelee edellä selitetyn ”*Miten tutkimme tulevaisuuksia?*” -kirjan menetelmää. Skenaariotyöskentely jaotellaan tässä tutkimuksessa kuuteen eri vaiheeseen. Aluksi tarkastellaan nykytilaa kriittisesti. Tämän jälkeen saatujen tietojen pohjalta rakennetaan skenaariot. Laadittujen skenaarioiden avulla luodaan oma visio tulevaisuudesta. Vision ja skenaariotyöskentelyn tuloksista kehitetään missio. Näiden työkalujen avulla tulevaisuutta pyritään ottamaan haltuun, käymällä vision ja mission välillä vuoropuhelua.⁶⁵ Seuraavassa luvussa on esitelty skenaariomenetelmän erilliset vaiheet, joita käytetään tässä tutkimuksessa.

2.4.1 Nykytilan kriittinen tarkastelu

Skenaariotyöskentelyä aloitettaessa, tulee ensin kartoittaa tutkittavan järjestelmän nykytila. Tähän toimenpiteeseen voi käyttää esimerkiksi SWOT-analyysia, jolla saadaan järjestelmän

⁶³ Kuusi ja muut (2013), s. 183-185.

⁶⁴ Sama (2013), s. 183-185.

⁶⁵ Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet, 3.8.2017.

vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat selvitettyä. Tulee myös selvittää käytettävissä olevat resurssit ja kehitykseen vaikuttavat ulkoiset tekijät. Heikkojen signaalien selvittäminen on alusta asti yksi tarkkailun kohteista. Nykytilaan vaikuttavat myös arvot, pelot ja tavoitteet. Lisäksi niin sanottu hiljainen tieto ja viisaus auttavat luomaan selkeämpää kokonaiskuvaa järjestelmän nykytilasta.⁶⁶ Menetelmä alkaa siis samanlaisella tarkastelulla kuin ”*Miten tutkimme tulevaisuuksia?*” -kirjan prosessi.

Nykytilan taustatietoa on hankittu tässä tutkimuksessa saatavilla olevasta kirjallisesta lähdemateriaalista. Tämän avulla on löydetty kehityskulkujen suuntaviivoja, jotka auttavat selvittämään niin ISR:n kuin viidennen sukupolven hävittäjien nykytilaa. Uhkaympäristöä on pohdittu sen vaikuttamismahdollisuuksien avulla. Tämän myötä on saatu tiettyjä arvoja skenaarioita varten. Tavoitteet määräytyvät tehtävissä selviämisen kannalta. Pelot ja tavoitteet ovat toisaalta toistensa vastakohtat, koska tappioilta välttyminen on erittäin kriittisessä roolissa. Tämän tavoitteen saavuttaminen tuo jatkuvuutta ja mahdollistaa tehtävien suorittamisen niin nyt kuin tulevaisuudessakin.

2.4.2 Skenaarioiden laatiminen

Nykytilasta saatujen tietojen pohjalta rakennetaan tutkimusasetelmaan soveltuvat tulevaisuudentutkimuksen skenaario. Tämän tutkimuksen mahdolliset maailmat sisältyvät yhteen skenaarioon. Siinä tarkastellaan, miten viidennen sukupolven hävittäjä pystyy toimimaan, suorittamaan ISR-toimintaa ja näin ollen tukemaan operaatioita. Mahdollisten maailmojen sisältämät ominaisuudet voidaan listata tulevaisuustauluun. Tämä auttaa luomaan skenaariot. Tulevaisuustaulun ominaisuuksiksi valitaan ne ominaisuudet, jotka tutkija kokee tärkeiksi. Tässä tulevaisuustaulussa ominaisuuksille annetaan eri arvoja ja ne asetetaan usein vaakariveille muuttujiksi. Näin pystytään näkemään helposti, millaisista ominaisuuksista mahdolliset maailmat muodostuvat.⁶⁷ Valitut muuttujat kuvaavat tulevaisuuden mahdollisia kehityssuuntia. Jotta saadaan luotua uskottava tulevaisuudenkuva, tulee kaikkien rivien arvojen olla yhteensopivia. Rivejä kutsutaan muuttujiksi, jotka sisältävät useita vaihtoehtoisia arvoja. Näistä voidaan valita tehtävän perusteella parhaat toimintatavat. Hyvin laadittu tulevaisuudentaulu ku-

⁶⁶ Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet.

⁶⁷ Kuusi ja muut (2013), s. 37.

vaa, mikä on toimijalle tärkeää. Taulussa voidaan myös esittää, jos jokin asia ei voi tulevaisuudessa muuttua, mikäli toimija näin olettaa.⁶⁸

Sopivien arvojen valinnat toimivat skenaarioiden laatimisen pohjana. Tässä voidaan hyödyntää kirjoittajan Inayatullah Sohail kirjaa ”’*From Who Am I? to When Am I? Framing the shape and time of the future*’”. Siinä esitellään yleisimpiä skenaariotyöskentelyn tuloksissa ilmeneviä malleja, jotka esitellään seuraavaksi. Tämän tutkimuksen tulevaisuudentaulut esitellään tutkimuksen luvussa viisi.

Ensimmäinen malli on muuttumattoman kasvun malli. Siinä kuvataan tilannetta, jossa kehitys jatkuu historiasta tulevaisuuteen samanlaisena. Tätä pidetään niin sanotusti helppona ja järkevänä mallinnuksena, koska näemme menneisyyden koko ajan ympärillämme. Pystymme täten ymmärtämään ja jatkamaan kehitystä samanlaisena. Ongelmaksi muodostuu vahva trendiajattelu. Trendiajattelussa odottamattomia muutoksia ei pystytä huomioimaan eikä niihin voida reagoida riittävän nopeasti. Käytettäessä kyseistä mallia, laadullisia muutoksia ei ole tulevaisuuden näköpiirissä. Ainoastaan määrälliset muuttujat otetaan huomioon. Mallia voidaan käyttää tässäkin tutkimuksessa, tulee kuitenkin muistaa ottaa huomioon odottamattomat muutosten mahdollisuus.⁶⁹

Toinen malli on historiallisen katastrofin kuvaamisen malli. Tässä pelot ja odotukset pohjautuvat johonkin historialliseen tapahtumaan, jossa kaikki hajoaa. Näiden toimintaympäristön suurien muutosten takia pelätään, että tutkittavan ilmiön olemassaolo vaarantuu tulevaisuudessa. Ensimmäiseen malliin verrattuna, toinen malli on vastakkainen ääripää ajattelusta. Tässä tutkimuksessa niin sanotun katastrofiskenaarion arvojen käyttäminen ei toteudu, koska tiedustelutiedon tai viidennen sukupolven hävittäjän olemassaolon ei odoteta katoavan.⁷⁰

Kolmannen mallin ajattelunperustana on paluu menneeseen aikaan, jolloin elettiin stabiilissa maailmassa. Tavoitteena on palata siihen aikaan, kun kaikki asiat olivat tuttuja ja turvallisia. Kehitys on tuonut asiat huonompaan suuntaan. Halutaan toisin sanoen päästä alkuperäiseen tavoite- tai olotilaan. Tässä mallissa kehitys ei enää etene loogisesti eteenpäin, vaan kääntyy tutkittavaa ilmiötä vasten. Kehitysnäkymien hidastuminen tai jopa pysähtyminen on siis tämän mallin olettamuksena. Näille ei ole tarvetta, koska halutaan kuvainnollisesti hidastaa

⁶⁸ Kuusi ja muut (2013), s. 124.

⁶⁹ Inayatullah Sohail, *’From Who Am I? to When Am I? Framing the shape and time of the future*, Butterworth-Heinemann Ltd, 1993, s. 243.

⁷⁰ Inayatullah (1993), s. 243.

ajankulkua.⁷¹ Tämän mallin käyttö olisi perusteltua tässä tutkimuksessa, koska viidennen sukupolven hävittäjät ja niiden laitteistot ovat jo keksitty.

Neljäs vaihtoehtoinen malli on muutosskenaario. Tässä mallissa keskitytään ottamaan huomioon yllättävät muutokset niin toiminnassa kuin toimintaympäristössä. Näiden skenaarioiden luominen ja sopivien arvojen valinta olettavat laajaa tuntemusta tutkittavasta ilmiöstä ja sen ympärillä toimivista tekijöistä. Yllättävät muutokset osataan huomioida ja niihin voidaan täten varautua. Tässä myös luotaisiin jotain aivan uutta kaikkien tietojen pohjalta ja pyrittäisiin rikkomaan tulevaisuuden rajoja. Tutkimuksen kannalta tämä neljäs malli olisi kaikista vaihtoehdoista niin skenaarioiden kuin arvojen painottamisen kannalta paras. Tämä voi kuitenkin kokemattomalle tutkijalle osoittautua haasteelliseksi, koska osa tiedoista pohjautuisi suurella todennäköisyydellä arvailujen varaan. Näiden arvailujen perustelut uskottavasti osoittautuisivat haasteellisiksi.⁷²

2.4.3 Vision laatiminen

Skenaarioiden pohjalta laaditaan oma, tulevaisuuteen sijoittuva tahtotilan kuvaus.⁷³ Visio on jaettu näkemys siitä, millainen tutkittava ilmiö voisi tulevaisuudessa olla. ”*Näin saadaan luotua tavoitetila määrätyn ajanjakson kuluttua.*”⁷⁴ Tässä tutkimuksessa visiolla pyritään kuvaamaan mahdollisimman kiteytetysti se, miten viidennen sukupolven hävittäjämallilla voidaan suorittaa ISR-toimintaa tulevaisuudessa. Vision kannalta ei ole merkittävää, mikä tutkimuksen skenaarioista toteutuu. Tämän tahtotilan kuvauksen voi ymmärtää myös tulevaisuuden toiminta-ajatukseksi.⁷⁵

Tulevaisuuden vision tulee olla riittävän vaativa, jotta tavoitetilaan pääseminen ei ole itsestään selvyys. Tämän myötä arvot vaikuttavat visioon merkittävästi. Minkälaisissa operaatioissa tai uhkaympäristöissä voidaan toimia, jotta tavoite saavutetaan? Hyväksytäänkö riskit ja suoritetaan tehtävät piittaamatta riskitasoista? Tilanteeseen vaikuttavat niin organisaation joh-

⁷¹ Inayatullah (1993), s. 243.

⁷² Sama (1993), s. 243.

⁷³ Mannermaa (1999), s. 60.

⁷⁴ Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet.

⁷⁵ Mannermaa (1999), s. 67.

to kuin yksittäiset tekijät. Vision peilaaminen missioon jatkuu kokonaisvaltaisesti skenaarioprosessin ohella.⁷⁶

2.4.4 Mission laatiminen

Missio on osa sellaisia reittejä, joiden uskotaan vievän nykyhetkestä lähemmäksi vision toteuttamista. Tällä siis määritetään vision suunta kohti tulevaisuutta. Se koostuu toimenpiteistä ja päätöksistä, joiden avulla visio voidaan saavuttaa. Välitavoitteet ovat osa mission suunnittelua. Nämä välitavoitteet auttavat pysymään oikealla reitillä skenaarioprosessissa.^{77 78} Tässä tutkimuksessa kartoitetaan mahdollisten maailmojen missioita ja koetetaan ymmärtää eri visioiden mahdollisuuksia. Tavoitteeseen voidaan päästä useampien missioiden kautta. Niitä voidaan myös yhdistää ja soveltaa. Valittujen missioiden tulee olla kuitenkin tarpeeksi realistisia, jotta niiden avulla mahdolliset maailmat voidaan saavuttaa. Tämän avulla skenaarioissa voidaan valita paras reitti halutun tulevaisuuden tavoitteen saavuttamiseksi.

2.4.5 Vision ja mission vuoropuhelu

Visio ja missio ovat työkaluja, joilla tulevaisuus pyritään ottamaan haltuun. Niiden välillä käydään jatkuvaa vuoropuhelua ja ne vaikuttavat jatkuvasti toisiinsa. Visio ja missio eivät ole staattisia vaan paremminkin dynaamisia. Tämän myötä niiden sisältöä ja kontekstia tulee jatkuvasti tarkastella ja tarvittaessa uudelleen määrittää, jotta tutkimustehtävä voidaan suorittaa. Tässä tutkimuksessa muuttuvia komponentteja on niin paljon, että vision ja mission vuoropuhelu osoittautuu varmasti haastavaksi. Voidaan sanoa, että uhkaympäristön monimuotoisuuden, viidennen sukupolven hävittäjämallin ja sen kykyjen puolesta, missiot tulevat muokkaamaan lopullista visiota merkittävästi. Toisaalta juuri sen vision uudelleen muokkaaminen on tämän tutkimuksen tarkoituksena. Edellä mainittuihin tutkimuksen osa-alueisiin ei voida itse vaikuttaa. Tämän myötä tekniikan kehitystä joudutaan mukailemaan tässä tutkimuksessa.⁷⁹

⁷⁶ Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet.

⁷⁷ Kuusi ja muut (2013), s. 35.

⁷⁸ Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet.

⁷⁹ Sama (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet.

2.4.6 Skenaarioiden korjaaminen uuden tiedon pohjalta

Skenaariotyöskentelyn voidaan sanoa olevan yksi suuri prosessi. Tämän tutkimuksen myötä pyritään antamaan organisaatiolle uusia näkökulmia ja vaihtoehtoja tulevaisuuden toiminnan suunnitteluun. Tulee kuitenkin muistaa, että organisaation ulkopuolella asiat muuttuvat jatkuvasti. Rubin listaa erilaisiksi muuttujiksi uudet innovaation, verkostoitumisen, globalisoitumisen sekä asenteisiin ja arvoihin liittyvät muutokset. Nämä muuttavat toimintaympäristöä ja ne vaikuttavat organisaation tarpeisiin ja tavoitteisiin. Skenaarioprosessia tulisi toistaa ja tärkeimpiä skenaarioita päivittää, kun uhkaympäristö tai viitekehys skenaarioiden ympärillä muuttuu. Tämän avulla organisaation visio pysyisi ajan tasalla ja missioita voitaisiin tarkastella uudestaan. Välillä tulisi palata vanhojen skenaarioiden sisältöihin. Niistä voidaan päivitettyillä tiedoilla löytää jotain uutta tai ymmärretään, että ne eivät ole olleet tarpeeksi laajoja tai kattavia. Aikaisemmin hylätty arvo tai muuttuja voi nousta muuttuvan todellisuuden myötä tärkeään asemaan, jolloin vanhojen skenaarioiden päivittämisellä voidaan luoda perusta uusille organisaation päätöksille. Skenaariot eivät saa kuitenkaan rajoittaa yhteiskunnan oleellisten muutosten näkemistä. Tällöin organisaation toimintavalmiudet vähenevät ja näkökulma kaventuu.⁸⁰

Tässä tutkimuksessa arvot, muuttujat ja ehdot liittyvät ISR-toimintaan ja viidennen sukupolven hävittäjämalliin. Lisäksi uhkaympäristö niiden ympärillä kohdistaa tiettyjä muuttujia skenaariomallinnukseen. Tämän myötä koko prosessia ja tulevaisuuden mahdollisia maailmoja on tarkasteltava avarakatseisesti koko tutkimusprosessin ajan. Mikäli uutta tietoa saadaan niin hävittäjämallin järjestelmistä kuin uhkaympäristöstä, tulee skenaariokuvauksia ja niiden sisällä olevia arvoja tai muuttujia päivittää. Osittain tutkimus pohjautuu tämän hetkisten trendien seuraamiseen. Näiden muuttuessa tulee omaa ajatusmaailmaa muokata ja yhdistää uudet tiedot osaksi vanhoja tietoja.

⁸⁰ Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet.

3. TIEDUSTELU - VALVONTA - KOHDEVALVONTA

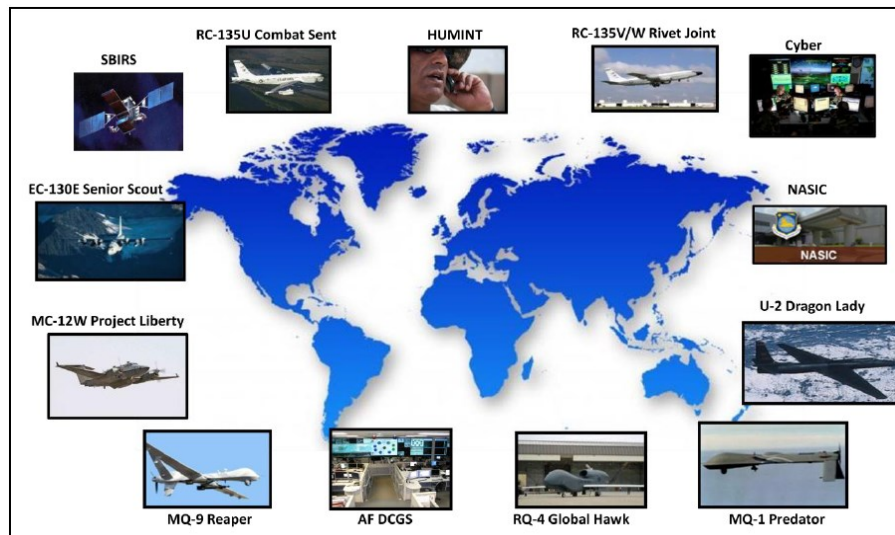
Asevoimien komentajat ja sotilasjohtajat ovat päätöksentekijöitä. Heidän päätöksensä voivat vaikuttaa sodan- tai kriisiaikana jopa koko yhteiskunnan selviytymiseen. Tämän myötä erilaisten päätöksien perusteluiksi tarvitaan tietoa. ”*Informaatio on arvokkainta silloin, kun se edistää tai muokkaa komentajan päätöksentekoa tarjoamalla perusteltuja näkemyksiä tulevista olosuhteista tai tilanteista.*”⁸¹ Sodanaikana tietoa tarvitaan taistelualueesta, vihollisen organisaatiosta, kyvykkyyksistä sekä sijoittumisesta. Näiden tietojen saamiseksi on kehitetty tiedusteluoperaatioita, joita kutsutaan nimellä ISR-operaatiot. ISR-toiminnan tulee olla aggressiivisesti ja jatkuvasti suunniteltua sekä eri sensoreiden ja lähteiden mukaan synkronoitua toimintaa, jolla voidaan tukea päätöksentekijöitä. Tiedoilla voidaan tukea suoraan myös operaatioita. Ajallisesti kriittiset ja tärkeät tiedot voidaan kohdistaa suoraan informaation tarvitsejoille, jotta haluttu vaikutus tai asetelma saadaan toteutumaan.⁸²

Yhdysvaltojen ilmavoimilla on käytössä niin sanottu globaali ISR-toimintaympäristö, jossa he voivat toteuttaa maailmanlaajuisia integroituja ISR-operaatioita. Eri lähteistä saatuja tietoja pystytään vastaanottamaan ja lähettämään reaaliajassa mihin tahansa maailmassa. Kuvassa kolme on esimerkki Yhdysvaltojen ilmavoimien globaalista ISR-toimintaympäristöstä, jossa eri toimijat on eritelty. Voidaan havaita, että toimintaympäristö on varsin laaja jo pelkästään ilmavoimien osalta.⁸³ Analysoitavan datan määrä tiedustelutehtävissä on erittäin suuri, koska informaatiota tuottavia sensoreita on niin maalla, merellä, ilmassa kuin avaruudessa. Toimintaympäristön myötä saadaan kerättyä informaatiota ja muodostettua tilannetietoisuutta. Näiden tietojen avulla päätöksentekoprosessit voidaan aloittaa. Prosessisuorituksen mallintamiseen voidaan käyttää USA:n ilmavoimien eversti John Boyd:in kehittämää OODA (Observe, Orientate, Decide, Act) -teoriaa.

⁸¹ United States Air Force: *Global Integrated Intelligence, Surveillance, & Reconnaissance Operations*, Air Force Doctrine Document 2-0, 6 January 2012, s. 2.

⁸² Stephen C. Price Jr.: *Close ISR support re-organizing the Combined Forces Air Component Commander's Intelligence, Surveillance and Reconnaissance processes and agencies*, Naval Postgraduate school, Monterey, California, December, 2009, s. 4.

⁸³ United States Air Force, 6 January 2012, s. 2-3.



Kuva 3. Global ISR Presence⁸⁴

Nykypäivänä ilmasta suoritettavaan ISR-toimintaan käytetään pääsääntöisesti tiedustelulento-koneita tai miehittämättömiä ilma-aluksia. Yhdysvaltojen ilmavoimat suorittavat päivittäin operaatioalueilla noin 50 - 75 kappaletta lentosuoritteita tiedustelutoimintaa varten. ISR-toiminnan kasvu on ollut merkittävää. Vuonna 2001 suoritettiin vain noin kolme lentosuoritusta päivässä. Ilmasta tapahtuvalle tiedustelutoiminnalle on siis ollut kysyntää ja Yhdysvaltojen ilmavoimat ovat halunneet vastata tarpeeseen. Tiedustelutiedon määrä on kasvanut lentosuoritusten ohella eksponentiaalisesti. Vuonna 2001 tiedusteludataa kerättiin kuukausittain noin 2040 terabittia. Vuonna 2012 jokainen kuukausi dataa saatiin noin 10.24 petabittia eli noin 10485 terabittia.^{85 86}

Kootulla informaatiolla pyritään luomaan käyttäjälle parempi tilannetietoisuus kokonaisuudesta (Situational Awareness, SA). Kanadan ilmavoimat ovat tiivistäneet omaan doktriiniinsa tilannetietoisuuden tarkoittamaan käsitystä olosuhteista ja osallistujista. Tämän myötä voidaan ymmärtää syy-seuraussuhteita ja käsittää haluttuja tulevaisuuden olosuhteita. Näiden asioiden käsittelemisen perusteella on mahdollista laatia toimintasuunnitelmia haluttujen olosuhteiden saavuttamiseksi.⁸⁷

⁸⁴ United States Air Force, (2012). s. 2.

⁸⁵ U.S. AIR FORCE: *Air Force Distributed Common Ground System*, 13.10.2015, [<http://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104525/air-force-distributed-common-ground-system/>], Kuopio, 30.11.2017.

⁸⁶ Col. Mike Shorsleeve: *Air Force ISR Reach Back Distributed Common Ground Systems*, 497th Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Group, s.8.

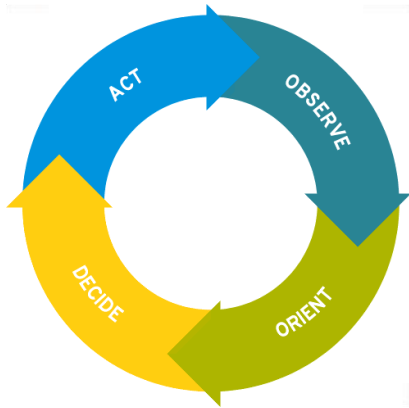
⁸⁷ Royal Canadian Air Force: *Aerospace Sense Doctrine*, Commander 2 Canadian Air Division / Air Force Doctrine and Training Division, Winnipeg, Manitoba, August 2012, s. 8.

Tilannetietoisuus voidaan jakaa kahdeksi erilaiseksi arvoksi. Ensimmäiseksi tilannetietoisuus hankitaan itselle (Situational Awareness for self). Tämä käsittää informaation ja datan, jota käytetään oman toiminnan arvioimiseen. Toisessa kohdassa tilannetietoisuus hankitaan muille (Situational Awareness for others). Tällä tarkoitetaan informaation jakamista muille toimijoille asevoimissa. Tämän myötä kaikilla toimijoilla taistelukentällä on sama tilannekuva. Nämä kaksi tilannetietoisuuden mallia sisältävät kolme alakohtaa. Ensimmäinen alakohta on vihollisen tilannekuva (Enemy Situational Awareness). Tässä kohdassa pyritään saamaan selville vastustajan sijainti, dispositio ja aikomukset. Toinen alakohta käsittää muiden omalla puolella olevien aselajien tilannekuvan (Friendly Situational Awareness). Tämän myötä pyritään ymmärtämään omien joukkojen dispositio taistelukentällä. Kolmantena kohtana halutaan tietää muiden toimijoiden tilannetietoisuus (Other entities' Situational Awareness). Tämä informaatio käsittää kaiken muun tiedon taistelualueesta kuten poliittisen, ekonominen ja sosiaalisen vaikutuksen välittymisen alueen ihmisiin.⁸⁸

OODA-teorian periaatteiden mukaan taistelun voittaa se osapuoli, joka pystyy toteuttamaan OODA-teorian nopeammin. Tällä teoriolla pyritään omien toimintojen nopeaan ja tehokkaiseen käyttöön. Tempoa ei kuitenkaan nähdä välttämättä objektiivisena suurena, vaan suhteessa siihen mihin vihollinen pystyy. Jotta riittävän nopea tempo saavutetaan, voidaan käyttää hajautetun johtamisen muotoa. Tämä edellyttää johtamisjärjestelmältä joustavuutta ja nopeaa päätöksentekohierarkiaa. Vastuuta tulee jakaa alatasoille ja tiedon pitää välittyä tarvitsijoille ilman viivästyksiä.⁸⁹ ISR-toiminnan ja uuden teknologian avulla pystytään tukemaan niin päätöksentekoa kuin hajautetun johtamisen muotoa. Sensoreiden ja datalinkkien avulla pystytään tuottamaan tiedustelutietoa ja tilannekuvaa suoraan tiedontarvitsijoille. Tämän myötä ISR-prosessin tulee vastata OODA-teorian periaatteiden vaatimuksiin, jotta päätöksentekoprosessi voidaan suorittaa lyhyemmässä ajassa viholliseen verrattuna.

⁸⁸ Royal Canadian Air Force, 2012, s. 8.

⁸⁹ Rekkedal Nils Marius: *NYKYAIKAINEN SOTATAITO, Sotilaallinen voima muutoksessa*, Edita Prima Oy, Helsinki 2006, s. 482.



Kuva 4. OODA loop⁹⁰

ISR-prosessi koostuu Yhdysvaltojen ilmavoimissa viidestä eri pääkategoriasta, jotka tukevat tiedon keräämistä ja analysointia operatiivista käyttöä varten. Ilmavoimien pääkategoriat ISR-prosessissa ovat suunnittelu, kokoaminen, prosessointi, analyysi ja levittäminen (kuva 5). Nämä viisi kohtaa on suunniteltu tukemaan niin ilmaitse kuin avaruudesta käsin tapahtuvaa ISR-tiedustelua.⁹¹

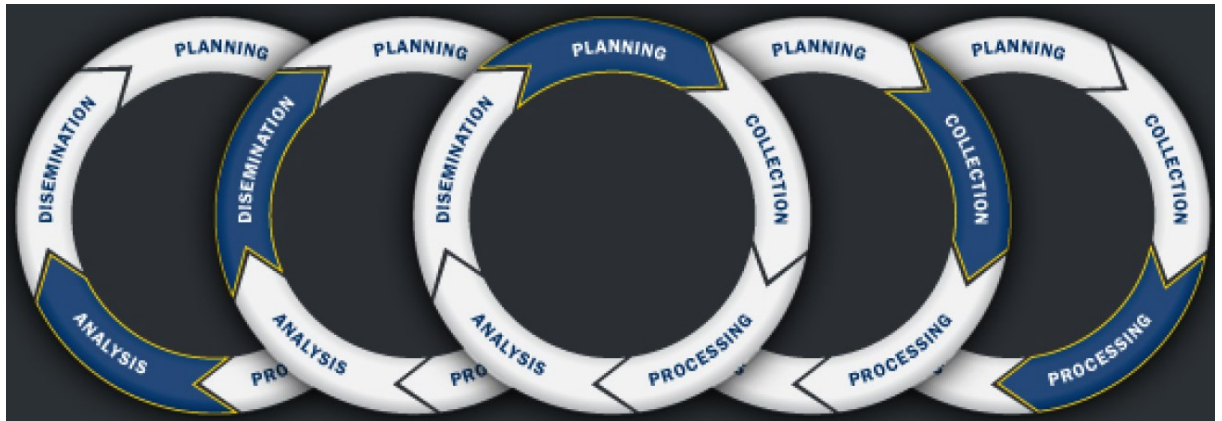
Suunnittelu koostuu ISR-prosessissa päätöksistä, joilla pyritään vastaamaan kysymyksiin: ”Mihin kysymyksiin meidän on vastattava?” sekä ”Mitä tietoa meidän on kerättävä oikeiden vastausten antamiseksi?”. Tiedon kokoamisvaiheessa dataa kerätään mahdollisimman monesta eri lähteestä. Näitä lähteitä ovat tyypillisesti signaalitiedustelu (SIGINT), kuvaustiedustelu (IMINT), henkilötiedustelu (HUMINT), mittaustiedustelu (MASINT), avoimiin lähteisiin perustuva tiedustelu (OSINT) sekä paikka- ja olosuhdetietoihin perustuva tiedustelu (GEOINT). Prosessointi- ja analysointivaiheessa kaikki saatavilla oleva data käydään läpi ja siitä muodostetaan tiedustelutuotteita. Tämän jälkeen tuotteet välitetään niiden tarvitsijoille. Lopulliset tiedustelutuotteet on jaettu vielä erikseen viiteen erilaiseen kategoriaan, jotka ovat ”päivittäinen tiedustelutieto, arvio tulevasta, varoitusäänet, tieteellinen ja tekninen tiedustelutieto sekä tutkimustiedustelutieto”.⁹² Samanlaista ISR-prosessin suunnitteluperiaatetta käytetään myös NATO:n kommunikointi ja informointi osastolla. Erona on, että ISR-prosessin ohella suoritetaan operaatio- ja tiedusteluprosesseja.⁹³

⁹⁰ <http://wotlabs.net/articles/decision-processing-the-ooda-loop/>, Kuopio, viitattu, 5.2.2018.

⁹¹ Bush (2013), s. 9.

⁹² The United States Intelligence Community, *Intelligence Careers: How Intelligence Works*, <https://www.intelligencecareers.gov/icintelligence.html>, Kuopio, 29.11.2018.

⁹³ NATO Communications and Information Agency: *Joint Intelligence, Surveillance & Reconnaissance (JISR) in NATO*, 19.09.09, s.12.



Kuva 5. Intelligence Cycle⁹⁴

3.1 ISR käsitteenä

ISR on lyhenne, joka tulee sanoista ”Intelligence, Surveillance ja Reconnaissance”. Suomeksi käsite tarkoittaa tiedustelua, valvontaa ja kohdevalvontaa. Tiedustelulla tarkoitetaan kykyä, jolla voidaan löytää uutta ja hyödyllistä tietoa vihollisesta, kohteesta tai ympäristöstä. Edellä mainitut käsitteet koostuvat informaation keräämisestä, prosessoinnista, integroinnista, analysoinnista ja evaluoinnista. Kaikkien näiden osatoimintojen lopputuotoksena voidaan nähdä itse tiedustelutieto.^{95 96} Sveitsiläinen kenraali Antoine-Henri Jomini näkee tiedustelun ja tilannekuvan muodostamisen yhtenä tärkeimpänä periaatteena sodassa.⁹⁷ Kenraali Sun Tzun mukaan tiedustelua toteutetaan vihollisen voimien, heikkouksien ja asemien selvittämiseksi. Lisäksi on selvitettävä vihollisen suunnitelmat ja arvioitava myös taisteluvalmistelut. Näiden tietojen perusteella voidaan laatia omat taistelusuunnitelmat ja joukot vihollisen joukkoja vastaan.⁹⁸ Teknologian kehittyessä myös erilaisia tiedustelumuotoja on voitu kehittää. Näitä ovat muun muassa signaalitiedustelu, kuvaustiedustelu, mittaustiedustelu ja henkilötiedustelu. Kuvassa kuusi on esiteltynä pelkistetysti käsitteiden yhteydet toisiinsa. Jokainen tiedustelun alalaji voi toimia osana tiedustelua, valvontaa kuin myös kohdevalvontaa.⁹⁹

⁹⁴ Intelligence.gov, “A Dynamic Process Fueling Dynamic Solutions,” Office of Director of National Intelligence, [http://www.intelligence.gov/about-the-intelligencecommunity/how-intelligence-works/], Kuopio, 28.11.2017.

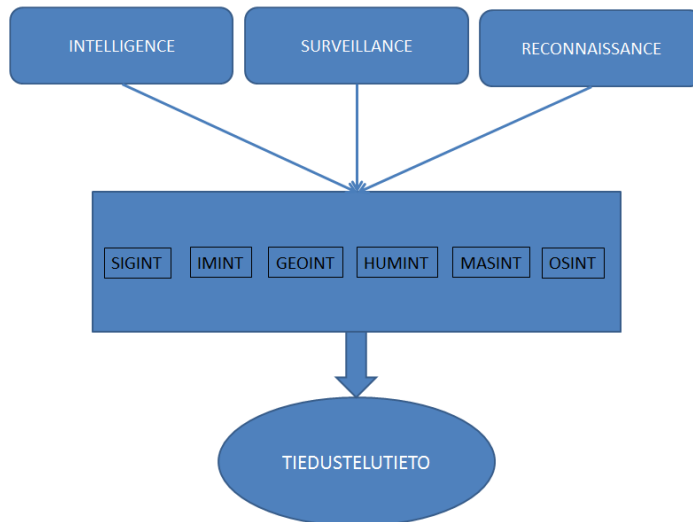
⁹⁵ Valpolini, Paolo: *ISR in Afghanistan - SR Easier than I*, Armada INTERNATIONAL, 2/2010, s. 1.

⁹⁶ United States Air Force: *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Operations*, Air Force Doctrine Document 2-9, 17 July 2007, s. 2.

⁹⁷ Jomini Antoine-Henri: *The Art of war in the western world*, Reprinted in Greenwood Press, Westport, Connecticut 1971, s. 269.

⁹⁸ Sun Tzu: *Sodankäynnin taito*, Tietosanoma Oy, Juva 1998, s. 105-107.

⁹⁹ The National Academic Press: *Capability Planning and Analysis to Optimize Air Force Intelligence, Surveillance, And Reconnaissance Investments*, Washington D.C, 2012, s. 25.



Kuva 6. Tiedustelun käsitekuvaaja

Valvonnalla tarkoitetaan ilmatilan, avaruuden, maan- ja merenpinnan kohteiden järjestelmällistä tarkkailua. Valvonnalla tiedustellaan ympäristöä ilman, että se kohdistuisi mihinkään tiettyyn kohteeseen. Tehtävät ovat usein pitkäkestoisia ja luonteeltaan passiivisia. Näiden tehtävien avulla pyritään saamaan tilannekuva toiminta-alueesta ja korostaa siinä tapahtuvia muuttujia ajan kuluessa.^{100 101} Esimerkkinä ilmasta tapahtuvasta valvontatoiminnasta voidaan pitää Irakin sodassa vuonna 2003 toteutetusta valvontatehtävästä, jossa E-8 JSTARS (Joint Surveillance and Target Attack Radar System) suoritti monia lentotehtäviä etsiessä irakilaisien SCUD-ohjuksia ja samalla tukien maavoimien taistelua tiedustelutiedoilla vihollisen liikkeitä ja lisäjoukoista.¹⁰² E-8 JSTARS tarjosi siis tiedustelutietoa monelle toimijalle suuresta osasta toiminta-alueita. Valvontatehtäviä voidaankin luonnehtia voimavaraksi, mikä otetaan käyttöön välittömästi, jos tarve sitä vaatii.

Kohdevalvonta on aktiivinen tiedustelun muoto. Se kohdistetaan yleisesti ennalta määritettyihin kohteisiin tietyksi ajaksi, jolloin määritetyltä alueelta saadaan kerättyä aktiivisesti tarkkaa tiedustelutietoa.¹⁰³ Kohdevalvontatehtävien tarkoituksena on saada visuaalisesti tai muilla sensoreilla suora havainto vihollisesta tai mahdollisesta vihollisesta. Yhdysvaltojen ilmavoimien perspektiivi kohdevalvontatoimintaan on erittäin tarkka niin ajallisesti kuin käytettävän toimijan suhteen. Ajallisesti halutaan toimia mahdollisimman nopeasti, jolloin operaatioalueella olevat toimijat eivät ehdi rekisteröidä tiedustelutiedon hankintaa. Lisäksi ilmavoimat

¹⁰⁰ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen, osa 2, 2008, s. 48.

¹⁰¹ Price, (2009), s. 4 ja 115.

¹⁰² Sama (2009), s. 15.

¹⁰³ Sama (2009), s. 4.

haluavat käyttää sellaisia tiedonkerääjiä tehtävän suorittajina, jotka voivat pysyä mahdollisimman kaukana itse kohteesta.¹⁰⁴

Tiedustelutietoa voidaan kerätä monella eri tavalla. SIGINT, IMINT, HUMINT, MASINT, OSINT ja GEOINT ovat yleisimmin käytössä olevia tiedustelumuotoja.¹⁰⁵ Signaalitiedustelu kohdistuu sähkömagneettisen spektrin käytön havaittavuuteen. Tarkoituksena on tunnistaa, luokitella ja analysoida vihollisen tuottamat signaalit, joiden löytämisen myötä voidaan tunnistaa, yksilöidä ja paikantaa vihollisen elektroniset järjestelmät. Näin pystytään assosioimaan havaittu informaatio tiettyihin joukkoihin tai järjestelmiin. Lisäksi voidaan pitkällä aikavälillä seurata kohdeorganisaation teknisen ja operatiivisen kyvyn kehittymistä. Signaalitiedustelun tuottamia tietoja voidaan käyttää yhtenä tiedustelulähteenä, kun muodostetaan kokonaistilannekuvaa. Tämän tiedustelumuodon alalajeja ovat ELINT ja COMINT. Elektroninen mittaus-tiedustelu on vihollisen sensori- ja navigointisignaaleihin sekä muihin viestijärjestelmiin kulumattomiin signaaleihin kohdistuvaa tiedustelua ja valvontaa. Elektroninen viestitiedustelu taas kohdistuu vihollisen viestisignaalien tiedusteluun ja valvontaan.^{106 107 108}

Kuvaustiedustelulla tarkoitetaan valokuvia tai videoita, jotka on saatu kohdealueesta näkyvän valon kameroilla, infrapunailmaisimilla tai tutka-alueilla toimivilla sensoreilla. Nykypäivänä sensorit tallentavat tietoja digitaalisessa muodossa. Tietojen avulla pyritään luomaan uhkakuva sotilaallisista ja sotilaalliseen toimintaa liittyvistä kohteista sekä niiden toiminnasta.¹⁰⁹ Näkyvän valon alueelta otetuissa valokuvissa tai videoissa etuina ovat hyvä resoluutio ja kuvien helppo tulkinta, koska ne vastaavat ihmissilmän normaalia näköä. Heikkouksina ovat sääilmiöt kohdealueella eli pilvipeite, sumu tai savu sekä rajoittunut pimeällä suoritettava tiedustelu.¹¹⁰

Infrapuna-alueen tiedustelun heikkouksia ovat näkyvää valoa huonompi resoluutio kuvissa ja videoissa sekä sään vaikutus kohteisiin ja yksityiskohtiin. Infrapunasensoreilla suoritettavasta tiedustelusta voidaan kuitenkin nähdä ajoneuvojen jälkiä, rakennusten käyttöastetta, maastoutettuja kohteita sekä kaivausjälkiä.¹¹¹

¹⁰⁴ United States Air Force (2007). s. 2.

¹⁰⁵ Sama (2007). s. 24.

¹⁰⁶ Kosola ja Solante (2003), s. 24.

¹⁰⁷ Puolustusministeriö: *Ehdotus sotilastiedustelua koskevaksi lainsäädännöksi*. Työryhmän mietintö, Puolustusministeriö, 2017, s. 54

[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79757/PLM_Ehdotus%20sotilastiedustelua%20koskeva%20lainsaadannoksi.pdf?sequence=1], Kuopio, 5.12.2017.

¹⁰⁸ Price (2009). s. 280.

¹⁰⁹ Puolustusministeriö (2017), s. 52.

¹¹⁰ Kosola ja Solante (2003). s. 367.

¹¹¹ Sama (2003). s. 367.

Tutka-alueella toimivilla sensoreilla saadut kuvat tai videot ovat heikkotasoisempia resoluutioltaan verrattuna näkyvän valon tai infrapuna-alueen tuottamaan tiedustelutietoon. Kuvien tulkinta edellyttää perehtyneisyyttä kuvamateriaalien analysoinnissa, koska tutkakuva ei vastaa ihmissilmälle tuttua näkymää maastosta. Tutkien vahvuudet tiedustelussa ovat toimintakyky joka säässä sekä riittävä resoluutio rakennuksien, teiden, siltojen ja ajoneuvojen havainnointiin. Paikka- ja olosuhdetiedustelu on osa kuvaustiedustelua, jonka tarkoituksena on kuvata, arvioida ja esittää tietyt kohteet, alueet, luonnonilmiöt ja olosuhteet operaatioalueella. Tämän avulla pyritään arvioimaan ympäristön ja olosuhteiden muuttumista ja välittämään ne tietojen käyttäjille.^{112 113 114}

Henkilötiedustelu on tiedustelulaji, jonka päämääränä on hankkia tietoa ihmisistä ja heidän hallussaan olevista asiakirjoista sekä sähköisistä tallenteista. Henkilötiedustelua voidaan tehdä suoraan kohdevalvontana tai pelkästään havainnointina. Tehtäviä suorittavat yleensä koulutettu henkilöstö tai henkilöt, jotka on rekrytoinnin kautta hankittu operaation osaksi. HUMINT yhdistyy nykypäivänä vahvasti osaksi muita tiedustelulajeja. Kuvaustiedustelu, signaalitiedustelu ja geotiedustelu voidaan yhdistää henkilötiedusteluun nykypäivän teknologian avulla ilman ongelmia. Eri tiedustelulajien tietoja yhdistelemällä voidaan esimerkiksi saada merkityksi karttapohjalle henkilöiden olinpaikat ja muita henkilöitä tarkentavia tietoja, jotka auttavat tiedustelutiedon kokoamisessa sekä tilannekuvan hahmottamisessa.^{115 116}

Avoimiin lähteisiin perustuva tiedustelu on informaatiota tai tietämystä, joka on hankittu avoimiin lähteisiin perustuvasta tiedosta. Se on yhdenmukaisesti suodatettu, jaoteltu ja arvioitu. Avoimia lähteitä voivat olla kirjallisuus, tilastot, kartat, lehdet, julkaisut, televisio- tai radiolähetykset sekä nykypäivänä erittäin suuresti kasvava sosiaalisen median sisältö. Avoimiin lähteisiin perustuvaa tiedustelua voidaan käyttää niin itsenäisenä tiedustelumuotona kuin myös muiden tiedustelulajien tukena.¹¹⁷ Disinformaatio ja tiedon suuri määrä ovat ominaista tälle tiedustelulajille. OSINT-tiedustelun vahvuutena ovat sen nopeus, edullisuus, maantieteellinen rajoittamattomuus sekä mahdollisuus kerätä tietoja tulevista tapahtumista. Nämä tiedustelutuotteet ovat suojaustasoltaan yleisesti muita tuotteita julkisempia, joten niiden käytettävyys on parempaa. Toimittaessa uudenlaisissa operaatioympäristöissä salattujen tietoyh-

¹¹² Sama (2003). s. 367.

¹¹³ Puolustusministeriö (2017). s. 52.

¹¹⁴ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen, (2008), s. 51.

¹¹⁵ Puolustusministeriö (2017). s.52 - 53.

¹¹⁶ Price (2009). s. 286 - 289.

¹¹⁷ Sama (2009). s. 292.

teyksien rakentaminen voi olla hidasta ja kallista, joten alimman tason tiedusteluraportteja voidaan lähettää sähköpostilla. Tällöin avointen lähteiden tiedustelu tarjoaa mahdollisuuksia oman tiedustelutilannekuvan parantamiseen.^{118 119}

Mittaustiedustelu on tiedustelulaji, joka perustuu näkyvän valon, kemiallisen, sekä laser-, tutka- ja infrapunasäteilyn sekä seismisen ja akustisen signaalin muodostaman tietylle kohteelle ominaisen tunnusmerkkiprofiilin etsintään. Tässä tiedustelulajissa on tarkoitus kerätä sensoreiden avulla tietoa kohteena olevista lähteistä, lähettimistä ja säteilijöistä. Mittaustiedustelussa tarkasteltavat tiedot voivat olla esimerkiksi kemiallinen koostumus, hydromagneettisuus, aallonpituudet, aikariippuvuus, modulaatio, plasma sekä kulmat ja etäisyydet. Mittaustiedustelu perustuu kohteille ominaisten laadun, koostumuksen, muodon tai koon määrittämiseen. Kehittyvät hahmontunnistuksen keinot kuin myös radiotaajuus- ja sähkömagneettisen pulssin tunnistamistiedustelu kuuluvat osaksi mittaustiedustelua.¹²⁰

Valvonnan ja kohdevalvonnan tuottamat tiedot muutetaan prosessoinnin ja analyysin avulla tiedustelutiedoksi. Tiedustelutehtäviä suorittavat joukot tuottavat tietoa jokaiselle asteelle sodankäynnissä. Tästä johtuen tietoa ei nähdä luonteeltaan strategisena, operatiivisena tai taktisena suorituskykyä.¹²¹ Valvonta- ja kohdevalvontatehtävät voidaan nähdä prologina tulevalle operaatiolle. Nämä tehtävät eivät kuitenkaan pääty operaation alkaessa, vaan tiedustelutoimintaa jatketaan operaation edetessä ja sen päättyessä. Tämän myötä saadaan reaaliaikaista tiedustelutietoa operaationvaiheista sekä vaikutuksista viholliseen.¹²²

3.2 Tiedustelusensorit ja tiedonsiirto

Sensorit

Ilma-alusten sensorijärjestelmät koostuvat erilaisista sensori-, tiedonsiirto-, analysointi- sekä omasuojajärjestelmistä. Tyypillisiä sensoreita ovat tutkat, elektro-optiset sensorit, infrapuna- ja näkyvän valon alueen kamerajärjestelmät sekä tutkavaroitimet. Yhä useammat sensorit ovat integroidut toisiinsa reaaliaikaisesti. Näin maalitietoja voidaan vaihtaa, vertailla ja yhdis-

¹¹⁸ Puolustusministeriö (2017). s. 52.

¹¹⁹ Kapteeni Lammi Markus: *OSINT-menetelmät ja strateginen tiedustelu*, Yleisesikuntaupseerikurssi 58, Maan puolustuskorkeakoulu, 2017, s. 41.

¹²⁰ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen, (2008), s. 51-52.

¹²¹ United States Air Force (2007). s. 2.

¹²² Price (2009), s. 51.

tää toisiinsa nähden. Esimerkiksi kulma- ja etäisyystieto kohteesta voidaan ottaa eri sensorijärjestelmistä, jolloin on mahdollista saavuttaa parempi tarkkuus kuin mihin yhdellä sensorilla päästäisiin. Lisäksi eri konetyyppien sensoreiden informaatiointegrointia käytetään laajasti.¹²³

Tutkat toimivat ilmasta ilmaan -tiedustelun ja sodankäynnin pääsensoreina. Ilmasta ilmaan -tutkia on nykyään kahta eri mallia, joiden jako voidaan tehdä niiden antenniohjauksen mukaan mekaanisesti tai elektronisesti keilaaviin tutkiin. Mekaanisesti keilaavalla tutkalla tarkoitetaan järjestelmää, joka suuntaa lähetettävän tutkasignaalin kääntämällä antennia mekaanisesti haluttuun suuntaan. Mekaanisella tutkalla voidaan tehdä kuvaa ilmatilasta tai maanpinnasta. Tilannekuvan muodostamista ei voida kuitenkaan suorittaa samanaikaisesti. Elektronisesti keilaavan tutkan antennia ei käännetä mekaanisesti, vaan antennikeilan suuntaus toteutetaan elektronisella vaiheohjauksella. Tämä on huomattavasti nopeampi tapa suunnata tutkan pääkeilaa. Elektronisella keilauksella voidaan myös muodostaa ilmatilannekuvaa sekä kuvaa maanpinnasta samanaikaisesti.^{124 125}

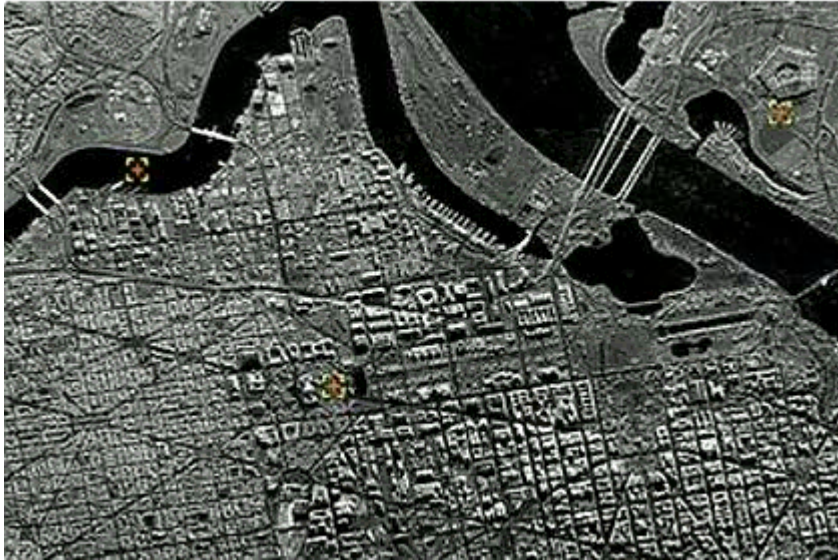
SAR-tekniikka (Synthetic Aperture Radar) on lisääntynyt ilma-alusten tutkissa. SAR-tekniikkaa käytetään laajojen alueiden tiedusteluun sekä tilannekuvan muodostamiseen maanpinnalta. SAR-moodin avulla ilma-alukset kykenevät maastoseurantaan, -tiedusteluun, maalien etsintään, maalien luokitteluun sekä yksilöintiin. SAR-tutkilla saavutettava resoluutio vaihtelee käyttötarkoituksen mukaisesti 35 metristä aina 0,5 - 2 metriin asti. Tutkaa käytetään erilaisiin tarkoituksiin sen tarkkuuden perusteella. Yleisiä maastonmuotoja kartoitettaessa voidaan hyväksyä 10 - 30 metrin tarkkuus, joka riittää esimerkiksi teiden hahmottamiseen. Mikäli tarkoituksena on etsiä ja luokitella ajoneuvoja ja rakenteita, resoluutiovaatimus on yleensä 2 - 6 metriä. SAR-tutkan toiminta perustuu siihen, että tutka liikkuu ja muodostaa maalista useita kaiuja. Nämä kaiut summataan yhteen ja muodostetaan SAR-kuva.¹²⁶ Kuvassa seitsemän on esimerkki SAR-tutkan luomasta kuvasta etsintämoodissa.

¹²³ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008), s. 231-233.

¹²⁴ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008), s. 230.

¹²⁵ Kosola Jyri, Solante Tero (2003), s. 196-197.

¹²⁶ Sama (2003), s. 244-246.



Kuva 7. Esimerkki SAR-tutkan luomasta kuvasta¹²⁷

Useimpia SAR-tutkia voidaan käyttää myös GMTI-moodissa (Ground Moving Target Indicator), jolloin kyetään havaitsemaan liikkuvat kohteet. GMTI-moodin avulla voidaan havainnoida liikkuvia kulkuneuvoja niin maassa kuin merellä. Eriolaiset sääolosuhteet eivät vaikuta GMTI-moodin käyttöön. SAR- ja GMTI-kuvat voidaan myös yhdistää, jolloin kohteiden valvonta sidotaan SAR-tutkan muodostamaan kuvaan operaatioalueesta.¹²⁸ Kuvassa kahdeksan on esimerkki SAR-tutkan ja sen GMTI-moodin yhdistelmästä. GMTI perustuu maalin luontaisen liikkeen eli doppler-siirtymän havainnointiin. Tämä mahdollistaa liikkuvan maalin eri pisteiden erottelun toisistaan, jotka havainnollistetaan kuvassa keltaisilla tai punaisilla merkinnöillä.¹²⁹

¹²⁷ [<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-a-conventional-Radar-and-the-SAR>], Kuopio, viitattu, 30.1.2018.

¹²⁸ Richard J. Dunn III, Price T. Bingham, Charles A. “Bert” Fowler, *Ground Moving Target Indicator Radar*, Analysis Center Papers, Northrop Grumman, 2004, s. 19.

¹²⁹ Kosola Jyri, Solante Tero (2003), s. 252-253.



Kuva 8. Esimerkki SAR-tutkan ja GMTI-moodin yhdistelmästä¹³⁰

Ilma-aluksiin asennettuja optisia sensoreita käytetään tiedusteluun, havainnointiin ja maalin osoitukseen. Sensoriteknologia ryhmitellään niiden käyttämien aallonpituuksien mukaan, pienimmistä aallonpituuksista eli optisista sensoreista edeten suurimpiin aallonpituuksiin eli akustisiin ja painesensoreihin. Ilma-aluksissa käytettävät optiset sensorit ovat elektro-optisia tai infrapunasensoreita. Elektro-optiset sensorit toimivat näkyvän valon aallonpituusalueella ja näin ollen sopivat vain päiväkäyttöön. Infrapunasensoreit toimivat infrapuna-alueen aallonpituuksilla, niitä voidaan käyttää joko yöllä tai päivällä. Näkyvän valon alueen kameroita käytetään yleensä maalinosoitus- ja etsintäjärjestelmissä täydentämään muilta sensoreilta saatavaa kuvaa. Infrapunasensoreita käytetään ilma-alusten havainnointi- ja tiedustelujärjestelmissä. Elektro-optisten tai infrapunasensoreiden etu tutkaan nähden on se, että ne ovat passiivisia sensoreita eli niistä ei lähde säteilyä ulospäin. Molempien sensorijärjestelmien suurin heikkous on niiden riippuvuus vallitsevista sääolosuhteista. Erityisesti ilman sisältämä vesihöyry sekä ilmassa leijuvat aerosolihiukkaset vaikuttavat sensoreiden suorituskykyyn heikentävästi.^{131 132}

SIGINT-tiedustelutehtäviin käytetään passiivisia radiotaajuus sensoreita. Radiotaajuuden vastaanottimia ja suuntimoita on sijoitettu niin lentokone- kuin lennokkialustoille. Vastaanotettujen signaalien perusteella voidaan laskea sen lähetyspaikka kolmiomittauksen avulla.¹³³ Hävittäjäkoneissa olevat ESM-järjestelmät (Electronic Support Measures) käsittävät tutkavaroit-

¹³⁰ [<http://defense-and-freedom.blogspot.fi/2010/02/erie-radar-technology.html>], Kuopio, viitattu, 30.1.2018.

¹³¹ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008), s. 230-233.

¹³² Kari Mikko, Hakala Arto, Pääkkönen Elisa, Pitkänen Markku: *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 osa 1 Teknologian kehitys*, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008, s. 70-74.

¹³³ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008) osa 2, s. 53.

timet ja häirintälähettimet. Näiden järjestelmien tarkoituksena on kerätä sähkömagneettisesta spektristä informaatiota taistelevien joukkojen hyväksi. ESM-järjestelmillä kyetään havaitsemaan ja tiedustelemaan vain vihollisen aktiivisia järjestelmiä.¹³⁴ Tutkavaroitimen tehtävänä on siepata ilma-alukseen tuleva tutkasäteily, luokitella saatu informaatio säteilyn ominaisuuksien perusteella sekä tallentaa tieto signaalikirjastoon. Tämän jälkeen varoitin hälyttää operaattoria vastatoimenpiteiden käynnistämiseksi. Tutkavaroitimet toimivat hyvin laajalla taa-juusalueella, jolloin ne pystyvät havaitsemaan niin maa- kuin ilmasijoitteisten uhkien lähet- teet.¹³⁵ Ilma-aluksiin asennettavien häirintälähettimien tehtävänä on yleisesti häiritä vihollisen tutkasignaaleja. Nämä voivat myös tallentaa ja tunnistaa saapuvia lähetitteitä signaalikirjastoi- hin. Nämä kirjastot sisältävät vihollisen signaalien luokitteluun sekä vastatoimenpiteiden käynnistämiseen tarvittavat parametrit.¹³⁶

Tiedonsiirto

NATO-mailla on ollut jo pitkään käytössä Link-4A datalinkkijärjestelmä. Tämän järjestelmän kehitys on alkanut jo 1950-luvulla. Suurin puute Link-4A:ssa on lähetyksen ja häiriönsuojaus sekä salaus. Nykyinen Link-16 järjestelmä on suhteellisen uusi taktinen datalinkki, jota käyt- tävät NATO-maat sekä osa Euroopan maista. Link-16 tuo useita parannuksia verrattuna Link- 4A-järjestelmään, kuten monikäyttö, häiriönsieto, suurempi datanopeus ja parannettu tiedon- siirron turvallisuus sekä digitoitun puheen siirtämisen järjestelmässä. Link-16 järjestelmän terminaali on modulaarinen, joten sitä voidaan käyttää monissa eri laveteissa. Se on suunnitel- tu kokonaisilmapuolustusta varten niin maasta, mereltä kuin ilmastakin. Tiedonsiirtojärjes- telmä on ensimmäinen eri puolustushaarojen yhteinen datalinkki. Yhdysvaltojen ja NATO:n ilmaoperaatioiden taktinen johtaminen perustuu pääasiassa AWACS käyttöön, jolloin operaa- tioiden johtaminen tapahtuu ilmasta. Link-16 järjestelmä tukee tämän kaltaista johtamistapaa, koska sen avulla voidaan välittää taktista tietoa reaaliajassa verkon jäsenten kesken.¹³⁷

3.3 Nykypäivän länsimainen tiedustelukalusto

Nykypäivän länsimainen ilmatiedustelukalusto voidaan jaotella kolmeen eri kategoriaan. Ku- vassa yhdeksän on havainnollistettu eri kategorioihin kuuluvaa kalustoa. Ensimmäisen kate- gorian kalustoon kuuluvat suuren kokoluokan tiedustelu-, johto- ja valvontakoneet, jonka tar-

¹³⁴ Kosola Jyri, Solante Tero (2003), s. 283.

¹³⁵ Sama (2003), s. 445.

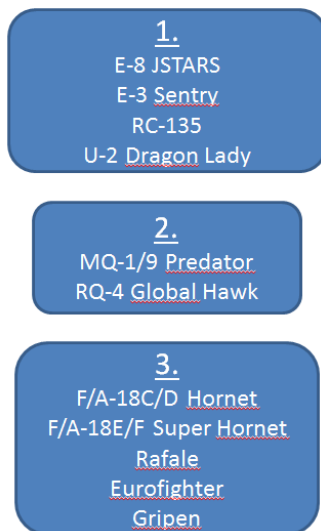
¹³⁶ Sama (2003), s. 284.

¹³⁷ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen, osa 2 (2008), s. 226-227.

koituksena on valvoa ja kerätä tietoa kymmenientuhansien neliömeripeninkulmien kokoisilta alueilta. Nämä järjestelmät ovat kohdealueen tarkkailijoita. Järjestelmillä saadaan jatkuvaa ja yksityiskohtaista kuvaa alueesta reaaliajassa tai lähelle reaaliaikaa.¹³⁸

Toisen kategorian järjestelmät voidaan luokitella miehittämättömiksi ilma-aluksiksi (UAV). Nämä järjestelmät toimivat paikallisemmin kuin ensimmäisen kategorian kalusto, koska tutkat ja optiset sensorit ovat suunniteltu tarkkailemaan kohdealuetta eikä skannaamaan laajoja alueita. Nämä sensorit sekä järjestelmät tarjoavat tarkempaa sekä yksityiskohtaisempaa tietoa toimintaympäristöstä. Miehittämättömien ilma-alusten toiminta-aika kohdealueella on kymmeniä tunteja.¹³⁹

Kolmas kategoria käsittää osan neljännen sukupolven hävittäjistä sekä lisäksi ne hävittäjät, jotka ovat olleet mukana Operaatio Enduring Freedomissa sekä Operaatio Iraqi Freedomissa. Hävittäjät pystyvät toimimaan erilaisissa toimintaympäristöissä erittäin hyvin, mutta niiden sensorijärjestelmät eivät tue laajojen alueiden tiedustelua. Niitä käytetään yleensä jo löydettyjen kohteiden tiedusteluun. Ylempien kategorioiden järjestelmät tai maassa toimivat erikoisjoukot voivat välittää saatuja tietoja tarvitsijoille tai osoittaa tiedustelupyynnöjä hävittäjille, jotka tämän jälkeen tiedustelevat tai valvovat haluttuja kohteita.¹⁴⁰



Kuva 9. Länsimaisen tiedustelukaluston kategorisointi^{141 142}

¹³⁸ Dr Kopp Carlo: *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance during Operation Iraqi Freedom*, Defence Today Magazine, June 2004, s. 3.

¹³⁹ Kopp (2004), s. 3.

¹⁴⁰ Sama (2004), s. 3.

¹⁴¹ Kopp (2004), s. 3.

¹⁴² National Research Council of the National Academies: *C4ISR FOR FUTURE NAVAL STRIKE GROUPS*, The National Academies Press, Washinton D.C., 2006, s. 178-180.

E-8 Joint Surveillance Target Attack Radar System (JSTARS) on johtokeskuskone joka toimii samalla tiedustelu, valvonta ja kohdevalvonta tehtävissä (C2ISR). Ilma-aluksen tarkoituksena on koota kaikki saatavilla olevat tiedot maakohteista ja koostaa ne yhdeksi tilannekuvaksi operaatioalueesta. E-8 käyttää SAR-tutkaa, joka on sijoitettuna koneen rungon alle (kuva liitteessä 2). Tällä tutkalla saadaan muodostettua 120 asteen katselukulma koneen sivuille, mikä kattaa noin 20 000 neliömailin alueen maasta. Kohteita pystytään tunnistamaan yli 240 kilometrin etäisyydeltä. Tiedustelutiedot voidaan lähettää operaatioalueella oleville maajoukoille melkein reaaliajassa, mikä luo sodankäyntiin ainutlaatuisen näkökulman.¹⁴³

E-3 Sentry airborne warning and control system (AWACS) toimii samankaltaisesti kuin E-8 JSTARS, mutta sen avulla saadaan tietoa ilmatilasta. Ilmatilasta saadun valvontatiedon avulla pystytään tukemaan omia operaatioissa olevia lentokoneita. E-3 Sentry käyttää lentokoneen rungon yläpuolella olevaa valvontatutkaa tietojen keräämiseen (kuva liitteessä 3). Tutkalla pystytään valvomaan korkeussuunnassa maan- tai vedenpinnasta stratosfääriin yltävää aluetta. Vaakasuunnassa matalalla lentävät ilma-alukset pystytään havaitsemaan noin 400 kilometrin etäisyydeltä ja keski- tai yläkorkeuksilla lentävät lentokoneet tätä kauempaa. Ilma-aluksen valvontatiedot voidaan välittää niin maa-asemille kuin laivoille, jotta tilannekuva olisi kaikilla osapuolilla sama.¹⁴⁴

RC-135 Rivet Joint on tiedustelukone joka kerää, analysoi ja levittää tiedustelutietoa sen tarvitsijoille. Tiedustelutiedon keräämiseen Rivet Joint käyttää SIGINT-, ELINT- ja COMINT-järjestelmiä, joilla tiedustellaan operaatioalueen elektromagneettista spektriä. Tämän avulla voidaan vihollisen sijaintia ja liikkeitä kolmiomitata ja saada tarkkoja paikkatietoja. Tiedustelutiedot välitetään taktisten datalinkkien avulla maajoukoille tai ilmassa oleville koneille. Informaation keräämiseen käytetään hyväksi antennija, jotka ovat sijoitettuna koneen rungon ala- sekä yläpuolelle (kuva liitteessä 4).^{145 146}

U-2 Dragon Lady pystyy toteuttamaan tiedustelulentoja hieman alle 30 kilometrin korkeuksilta kaikissa sääolosuhteissa. Lentokone on varusteltu kuvaus- sekä signaalitiedusteluvarustuksella (kuva liitteessä 5). Kuvaustiedusteluun käytetään niin elektro-optisia- kuin myös infra-

¹⁴³ Sama (2006), s. 258.

¹⁴⁴ Sama (2006), s. 258-259.

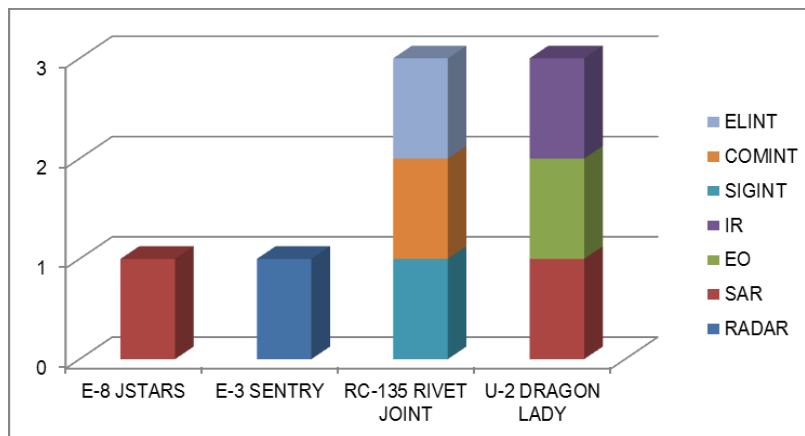
¹⁴⁵ [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_1746-jau_], Kuopio, viitattu, 25.1.2018.

¹⁴⁶ [https://www.globalsecurity.org/intell/systems/rivet_joint.htm], Kuopio, viitattu, 25.1.2018.

punasensoreita. U-2 sisältää myös kuvaustiedusteluun soveltuvan kameran ja tutkan. Tutka toimii samankaltaisesti kuin suurempien johto- ja tiedustelukoneiden SAR-tutkat.^{147 148}

Kuvassa 10 on kuvattu ensimmäisen kategorian tiedustelu- ja valvontakoneiden sisältämät järjestelmät pylväsdiagrammin muodossa. Tästä voidaan havainnoida, että mikään ilma-alus ei pysty yksin suorittamaan kaikkia tiedustelun muotoja. Näin ollen tarvitaan useampia ilma-aluksia suorittamaan ISR-toimintaa yhdessä, jotta se olisi tehokasta ja dynaamista. Kuvaajan arvot ja selitteet:

- RADAR-parametrilla mallinnetaan ilmasta ilmaan -kykyä tutkan osalta
- SAR-parametrillä kuvataan koneiden SAR-tutkakykyä
- EO-parametrillä kuvataan, sisältääkö konetyyppi elektro-optisia sensoreita
- IR-parametrillä kuvataan, sisältääkö konetyyppi infrapunasensoreita
- SIGINT-arvolla havainnollistetaan koneiden kykyä suorittaa signaalitiedustelutehtäviä
- COMINT-arvolla havainnollistetaan koneiden kykyä suorittaa elektronista viestitiedustelua
- ELINT-parametrillä kuvataan konetyyppien kykyä suorittaa elektronista mittaustiedustelua



Kuva 10. Ilma-alusten tiedustelujärjestelmät

Toisen kategorian miehittämättömät ilma-alukset käsittävät RQ-4 Global Hawk:in sekä MQ-1/9 Predator:in. Global Hawk on yläkorkeuksien tiedustelukone, jonka toiminta-aika kohdealueella on jopa kymmeniä tunteja. Sensorijärjestelmään kuuluu SAR-tutka GMTI-ominaisuudella, EO- ja IR-kamerat kuvaustiedustelua varten sekä SIGINT-, COMINT- ja

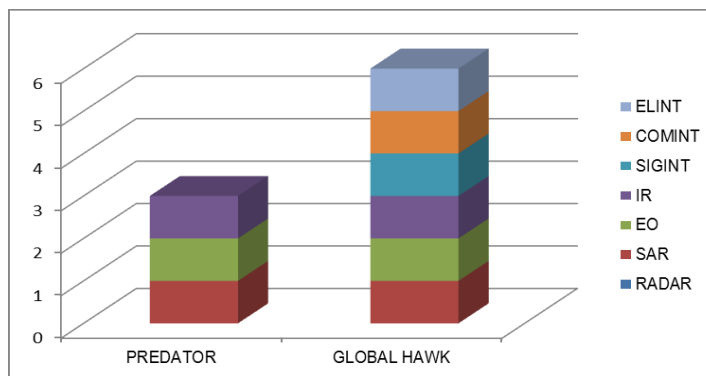
¹⁴⁷ National Research Council (2006), s.259.

¹⁴⁸ [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_1612-jau_], Kuopio, viitattu, 25.1.2018.

ELINT-järjestelmät elektromagneettisen spektrin tiedustelua varten. Global Hawk on suunniteltu keräämään informaatiota, johon kuuluvat kuvat ja signaalit kohdealueelta (kuva liitteessä 6). Nämä tiedot lähetetään datalinkin tai satelliitin avulla tiedon tarvisijoille.^{149 150}

MQ-1/9 Predator on monitoiminen miehittämätön ilma-alus. Se pystyy suorittamaan niin tiedustelu- kuin tuhoamistehtäviä. Predator on varustettu TV- ja IR-kameroilla sekä SAR-tutkalla. Kamerat tarjoavat reaaliaikaista videokuvaa ja SAR-tutkan avulla saadaan yksittäisiä kuvia kohteista. Lisäksi siinä on maalinsoituslaitteisto, jonka avulla voidaan maalittaa haluttuja kohteita ilmasta maahan -ohjuksia varten.¹⁵¹

Kuvassa 11 on esitelty miehittämättömien ilma-alusten sensorijärjestelmät tiedustelu-, valvonta- ja kohdevalvontatehtävien kannalta. Erilaisten parametrien selitykset ovat samat kuin kuvassa seitsemän. Diagrammista voidaan havaita, että ilmatiedusteluun soveltuvia tutkia ei ole asennettu miehittämättömiin ilma-aluksiin. Nämä toimivat siis vain maa- tai merisijoitteisia kohteita vastaan. Molemmat koneet pystyvät suorittamaan kuvaustiedustelutehtäviä, koska niihin on asennettu SAR-tutkat sekä EO- ja IR-sensorit. Global Hawk pystyy tämän lisäksi tiedustelemaan elektromagneettista spektriä SIGINT-, COMINT- sekä ELINT-laitteistojen avulla.



Kuva 11. Miehittämättömien ilma-alusten sensorijärjestelmät

Kolmannessa kategoriassa olevat hävittäjät pystyvät suorittamaan tiedustelu- tai valvontatehtäviä sellaisissa olosuhteissa, joissa muut yllämainitut järjestelmät eivät välttämättä pysty toimimaan. Hävittäjien nopea reagoitokyky sekä korkea selviytymiskyky tukevat niiden käyttöä ISR-tehtävissä. Niillä voidaan lentää kovalla nopeudella matalilla lentokorkeuksilla esi-

¹⁴⁹ National Research Council (2006), s.263.

¹⁵⁰ Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/juav1320-juav>], Kuopio, viitattu, 30.1.2018.

¹⁵¹ National Research Council (2006), s. 264.

merkiksi sääolosuhteista johtuen, missä hitaat miehittämättömät ilma-alukset eivät uhasta riippuen välttämättä selviytyisi.¹⁵²

Yhdysvaltojen merivoimilla sekä monilla muilla mailla käytössä olevat F/A-18C/D Hornet -hävittäjät on varusteltu APG-73- dopplertutkalla (kuva liitteessä 7). C/D-malleihin voidaan asentaa ulkoisesti ripustimiin FLIR-järjestelmä (Forward Looking Infrared), jonka avulla kohteita voidaan tiedustella tai maalittaa. Tähän toimintaan käytetään järjestelmän elektro-optisia tai infrapunasensoreita. Lisäksi osa Yhdysvaltojen F/A-18D Horneteista on varusteltu taktisella ilmatiedustelulaitteistolla (ATARS), jonka avulla voidaan suorittaa kuvaustiedustelua. ATARS-järjestelmä on sijoitettu ja integroitu koneen sisäiseksi järjestelmäksi. Sitä voidaan käyttää SAR-tutkan kanssa yhtäaikaaisesti, jolloin kohdealueesta saadaan parempia tiedustelu- ja valvontatietoja.^{153 154 155}

F/A-18E/F Super Hornet on jatkokehitysmalli F/A-18C/D Hornetista (kuva liitteessä 8). Super Hornet on hieman suurempi kokoinen kuin vanhempi malli, jolloin siihen mahtuu enemmän polttoainetta sekä asekuormaa. ISR-toiminnan kannalta Super Hornet on varusteltu nykyaikaisella elektronisesti skannaavalla (AESA) tutkalla sekä siihen on mahdollista asentaa ripustinpisteisiin maalinosoituslaitteistoja, joita voidaan käyttää myös valvontatehtäviin. Advanced Targeting Forward Looking Infrared (ATFLIR) on rungon alle ripustimeen liitetty laitteisto, joka sisältää elektro-optisen sekä infrapunakameran ja laserosoittimen. Järjestelmän avulla voidaan seurata havaittuja kohteita, mitata etäisyyksiä sekä maalittaa niitä. ATFLIR on tarkoitettu käytettäväksi niin ilmassa kuin maassa olevia kohteita vastaan.^{156 157}

Ranskan ilmavoimien käytössä oleva Dassault Rafale on monitoimihävittäjä, jonka nykyaikaisen sensorijärjestelmän avulla voidaan suorittaa myös ISR-tehtäviä (kuva liitteessä 9). Rafale on varustettu AESA-tutkalla sekä sisäisesti sijoitetuilla EO- ja IR-sensoreilla. Siihen voidaan myös asentaa FLIR-maalinsoitussensori ripustinpisteeseen, jonka EO- ja IR-

¹⁵² Kopp (2004), s.3.

¹⁵³ C4ISR & Mission Systems: Air; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeos8239-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 26.1.2016.

¹⁵⁴ National Research Council (2006), s. 253-254.

¹⁵⁵ Kopp (2004), s. 3.

¹⁵⁶ Jane's All the World's Aircraft; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa1185-jawa>], Kuopio, viitattu, 26.1.2018.

¹⁵⁷ Sama (2006), s. 254-255.

sensoreiden avulla voidaan suorittaa kohdevalvontaa sekä maalinsoitusta laseria hyväksi käyttäen.¹⁵⁸

Eurofighter on monikansallisen Eurofighter Jagdflugzeug GmbH yrityksen valmistama monitoimihävittäjä (kuva liitteessä 10). Eurofighterin käyttäjämaita ovat Itävalta, Saksa, Italia, Kuwait, Oman, Saudi-Arabia, Espanja sekä Englanti. Hävittäjä on varusteltuna Captor-M mallisella mekaanisella dopplertutkalla. Päivitysten myötä Eurofighterin vanha tutka tullaan korvaamaan AESA-tutkalla. ISR-toimintaa varten hävittäjän nokkaan on asennettu infra-punamaalinsoituslaitteisto (PIRATE Passive Infra-Red Airborne Tracking Equipment). Lisäksi ripustinpisteisiin on mahdollista asentaa Lockheed Martinin valmistama Sniper-maalinsoitusjärjestelmä, joka sisältää EO- ja IR-sensorit sekä laserin maalinsoitusta ja etäisyyden mittausta varten.^{159 160}

Ruotsalaisen Saab AB:n valmistama Gripen on Ruotsin, Etelä-Afrikan, Thaimaan sekä Brasilian käytössä oleva monitoimihävittäjä (kuva liitteessä 11). Gripen on varustettu Saab Avionicsin kehittämällä dopplertutkalla. Valvonta- tai kohdevalvontatehtäviä varten Gripeniin saa asennettua SPK 39/MRP II -tiedustelujärjestelmän ripustinpisteisiin. Tällä järjestelmällä voidaan suorittaa kuvaustehtäviä EO- sekä IR-sensoreiden avulla.^{161 162}

Kuvassa 12 on havainnollistettu hävittäjien sensorijärjestelmiä ISR-toiminnan kannalta. Voidaan huomata, että kolmannen tai neljännen sukupolven monitoimihävittäjien suunnittelu ei tue vielä koneen rungon sisälle asennettavia sensorijärjestelmiä. Rafale on ainoa konetyyppi, jossa on EO- ja IR-sensorit valmiiksi asennettuna. Lisäksi elektronisesti skannaavia AESA-tutkia ei ole vielä asennettuna kaikkiin konetyyppihin, vaan osa hävittäjistä toimii dopplertutkalla. Kaikkiin monitoimihävittäjiin on kuitenkin saatavilla ulkoisesti asennettava tiedustelu- tai maalinsoituslaitteisto, joka on merkitty kuvaajaan ”ulkoinen järjestelmä”. Kaikilla koneilla voidaan siis lisäasennusten myötä suorittaa IMINT-toimintaa kohdevalvontatehtävänä, koska ulkoiset järjestelmät sisältävät kaikkien konetyyppien osalta EO/IR-sensorit. Elektromagneettisen spektrin tiedustelua hävittäjät voivat tehdä tutkavaroittimien ja häirintälaitteis-

¹⁵⁸ Jane’s All the World’s Aircraft; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0257-jawa>], Kuopio, viitattu 30.1.2018.

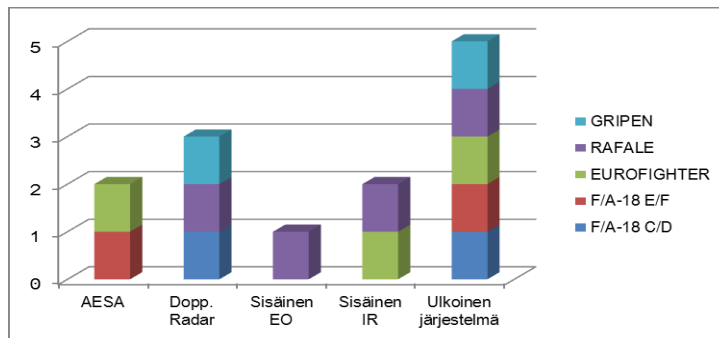
¹⁵⁹ Jane’s All the World’s Aircraft; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0478-jawa>], Kuopio, viitattu 30.1.2018.

¹⁶⁰ C4ISR & Mission Systems: Air; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeos8069-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 30.1.2018.

¹⁶¹ C4ISR & Mission Systems: Air; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeosa030-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 30.1.2018.

¹⁶² Jane’s All the World’s Aircraft; [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa0989-jawa>], Kuopio, viitattu, 30.1.2018.

tojen avulla, jotka sisältyvät kaikkiin konetyyppeihin. Kaikki hävittäjät sisältävät datalinkki-järjestelmän, jonka avulla voidaan tietoa siirtää muille koneille tai maa-asemille tilannekuvan parantamiseksi.^{163 164}



Kuva 12. Hävittäjien sensorijärjestelmät ISR-toimintaan

3.4 ISR osana ilmaoperaatiota

Tiedustelu, valvonta ja kohdevalvonta operaatiot ovat muuttuneet viimeisen 20 vuoden aikana merkittävästi. Vuonna 2001 alkanutta Afganistanin sotaa voidaan pitää uudenlaisen ISR-toiminnan alkupisteenä. Operaatio Enduring Freedomin myötä ISR-toiminta muuttui dynaamisemmaksi verrattuna aiempiin operaatioihin. Vietnamin sodassa teknologia ei mahdollistanut tiedustelutietojen lähettämistä suoraan ilma-aluksesta maa-asemalle, vaan tiedot taltioitiin paperikuville, jotka tuli prosessoida ennen niiden käyttöä. Kosovon sodassa ISR-toiminnan tuottamia tietoja ei myöskään voitu suoraan käyttää maalittamisprosessiin, koska liittouman joukkojen eriävät mielipiteet doktrinaalisella tasolla aiheuttivat viivästyksiä toimintaan.¹⁶⁵

Operaatio Enduring Freedomissa voitiin ensimmäistä kertaa käyttää ilma-alusten ISR-kykyjä täysimääräisesti. Afganistanissa tiedustelu, valvonta ja kohdevalvontatehtäviä suorittivat JSTARS, RC-135, U-2, Global Hawk, Predator sekä hävittäjät. Näiden avulla suoritettiin SIGINT-, IMINT-, COMINT- sekä ELINT-tehtäviä. Tiedustelutiedot voitiin lähettää suoraan operaatiokeskuksiin datalinkkien avulla, jotta informaatiota voitaisiin käyttää heti. ISR-toiminnan laadusta ja määrästä kertoo se, että pommitustehtäviä suorittavat lentokoneet eivät pysyneet maalittamisprosessin mukana. Useisiin maaleihin ei ehditty vaikuttaa, koska miehistön lentotehtävänsuunnittelu sekä lentomatka tukikohdista operaatioalueelle kestivät liian

¹⁶³ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008), s. 233.

¹⁶⁴ [<https://janes.ihs.com/>].

¹⁶⁵ Kopp (2004), s. 2.

kauan. Tämän myötä jouduttiin kehittämään pommitustaktikoita. Lentotehtäväsunnittelussa ei enää annettu tarkkoja maaleja, vaan tarkat maalipisteet kerrottiin vasta ilmassa koneiden miehistöille. Lisäksi pommitustehtäviä varten koneisiin asennettiin monen tyyppisiä pommeja, jotta voitiin iskeä kaikenlaisia kohteita vastaan. Hyvin nopean ja dynaamisen ISR-toiminnan myötä, kohteeseen pystyttiin hyökkäämään noin kolmen minuutin aikaikkunassa kohteen tunnistuksen jälkeen. Operaatio Enduring Freedomin myötä ISR-prosessia voitiin käyttää joustavasti muiden aselajien tukena.¹⁶⁶

Irakin sodassa vuonna 2003 suoritettu Operaatio Iraqi Freedom oli maa-, meri- ja ilmavoimien yhteisoperaatio, jossa ISR-toiminnalla oli merkittävä rooli. Liittouman käsitteelliset pääpainopisteet tässä operaatiossa olivat nopeus, tarkkuus ja informaatio. Operaation ilmasta tapahtuvaa ISR-toimintaa suorittivat E-8 JSTARS, RC-135 Rivet Joint, E-3 Sentry AWACS, U-2 Dragon Lady, F/A-18 Hornet sekä miehittämättömät ilma-alukset Predator ja Global Hawk. Nämä konetyypit suorittivat SIGINT-, IMINT-, ELINT- ja COMINT-tehtäviä. Lentosuorituksia tiedusteluoperaatiossa kertyi noin 1 000 kappaletta, joiden aikana kerättiin 3 200 tuntia videomateriaalia, 2 400 tuntia signaalitiedustelumateriaalia sekä 42 000 valokuvaa operaatioalueesta. Suuren tiedustelumateriaalin johdosta operaatio Iraqi Freedomia luonnehditaankin valvontaoperaatioksi.^{167 168}

Operaatio Iraqi Freedomissa erilaisia konetyyppejä käytettiin ensimmäistä kertaa joustavasti yhdessä. E-8 JSTARS-valvontakonetta ja RC-135-signaalitiedustelukonetta käytettiin jo ennen operaation alkamista, jotta saatiin kerättyä tiedustelutietoa varsinkin irakilaisien joukkojen liikkeistä alueella JSTARS:in SAR/GMTI-tutkan avulla. GMTI-järjestelmä osoittautui erittäin hyväksi Irakin sodassa, koska sillä voitiin havaita vihollisen joukkojen liikkeitä. Tämän myötä niihin pystyttiin vaikuttamaan heti. Tiedustelutiedot välitettiin myös muille ilmassa toimiville yksiköille, jotta valvontaa tai kohdevalvontaa voitiin suorittaa useiden yksiköiden toimesta. Esimerkkinä eräs Global Hawk-lento havaitsi operaation aikana noin 60 ilmatorjuntayksikköä, 300 ohjusvarastoa sekä 300 panssaroitua ajoneuvoa. RC-135 signaalitiedustelukonetta käytettiin yhdessä analyysiryhmien kanssa ballististen ohjusten paikkatietojen selvittämiseen. Ne pystyivät parikokonaisuuksina kolmiomittaamaan elektromagneettisesta spektristä signaalien paikkatiedon.^{169 170}

¹⁶⁶ Sama (2004), s. 2.

¹⁶⁷ Sama (2004), s. 3.

¹⁶⁸ Lieutenant Commander Carl M. Bradley: *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance in support of Operation Iraqi Freedom: Challenges for Rapid Maneuvers and Joint C4ISR integration and interoperability*, Naval War College, Newport, R.I., 2004, s. 2-6.

¹⁶⁹ Kopp (2004), s. 3.

¹⁷⁰ Bradley (2004), s. 16-17.

Tiedustelu- ja valvontakoneiden tuottamat tiedot välitettiin reaaliajassa operaatiokeskuksiin, joissa tiedot analysoitiin ja jaettiin edelleen tietojen tarvitsijoille. Suuri informaation määrä asetti kuitenkin haasteita operaation aikana. Lisäksi kohteiden koordinaattien nopea lähettäminen ilma-aluksesta toiseen osoittautui ongelmaksi. Vanhanaikaiset datalinkkijärjestelmät eivät pystyneet lähettämään kohteiden tarkkoja paikkatietoja ilmasta maahan -yksiköille. Tämän takia kehitettiin Link-16 datalinkkijärjestelmä, jonka avulla kaikki samassa verkossa olevat toimijat pystyvät näkemään toisensa sekä välittämään tietoa mille yksikölle tahansa.^{171 172}

173

Hävittäjiä käytettiin ISR-toimintaan kummassakin operaatiossa hyvin vähän ja epäselvin perustein, koska doktriineissa tai lentäjien koulutusohjelmissä ei ole otettu kantaa tämän kaltaiseen toimintaan. Lisäksi ongelmana oli, että hävittäjien näkemää videokuvaa ei voitu suoraan välittää tiedon tarvitsijoille. Ongelma ratkaistiin asentamalla miehittämättömissä ilma-aluksissa käytössä olleet videolinkkijärjestelmät hävittäjiin. Näin ollen maassa olevat joukot tai operaation komentaja pystyivät näkemään lentokoneen FLIR-järjestelmän tuottaman kuvan ROVER-laitteistolla (Remote operations video enhanced receiver). Tämän myötä hävittäjiä alettiin käyttää lähitulitukitehtäviin. Maassa olevien joukkojen komentajat saivat vuoro-kauden ympäri tietoa lähellä olevista vihollisista, toimintaympäristöstä sekä muista kriittisesti operaatioon liittyvistä kohteista.¹⁷⁴

Niin Afganistanin kuin Irakin operaatioiden aikana liittouman joukot käyttivät monia eri konetyyppejä ISR-toimintaan. Pääasiallisina konetyypeinä olivat E-8 JSTARS, E-3 Sentry AWACS sekä RC-135 Rivet Joint. Näiden avulla pystyttiin tiedustelemaan ja valvomaan maanpintaa, ilmatilaa sekä elektromagneettista spektriä. Eri ilma-alusten yhteiskäyttö oli siis välttämätöntä, koska teknologia ei vielä mahdollistanut eri toimintaympäristöjen tiedustelua tai valvontaa yhdellä konetyypillä. Huomion arvoista on, että kummassakaan operaatiossa liittouman joukot eivät kohdanneet merkittävää vastusta vihollisen ilmavoimien tai ilmatorjunnan osalta. Tämän johdosta kohteita voitiin tiedustella pieniltä etäisyyksiltä ja matalilta lentokorkeuksilta. Siksi hävittäjiä sekä matalalla lentäviä miehittämättömiä ilma-aluksia voitiin käyttää ISR-toimintaan.

¹⁷¹ Sama (2004), s. 16-17.

¹⁷² Kopp (2004), s. 3.

¹⁷³ Myron Hura, Gary McLeod, Eric V. Larson, James Schneider, Dan Gonzales, Daniel M. Norton, Jody Jacobs, Kevin M O'Connell, William Little, Richard Mesic, Lewis Jamison: *A Continuing Challenge in Coalition Air Operations*, RAND Corporation, 2000, s.108.

¹⁷⁴ Captain KW Bucklew: *Non-Traditional Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance: A Challenge to USMC Fixed Wing Tactical Aircraft*, 2009, s. 1-11.

4. VIIDENNEN SUKUPOLVEN HÄVITTÄJÄT

Viidennen sukupolven hävittäjiin kuuluvat tällä hetkellä operatiivisessa käytössä olevat Lockheed Martinin valmistamat F-22 Raptor sekä F-35 Lighting II. Lisäksi koelentovaiheessa oleva Sukhoi T-50 PAK FA. IHS Jane'sin kehitys ja tuotanto analyttikkojen osalta viidennen sukupolven hävittäjät on määritelty seuraavien ominaisuuksien puolesta:

- ”Vähäinen tutkapaikkipinta-ala sekä heikennetty näkyvyys IR-sensoreita vastaan
- Sensorifuusio, yhdistettynä elektronisesti skannaavalla tutkalla
- Datalinkijärjestelmä, jonka avulla voidaan jakaa tietoa muiden ilma-alusten kesken
- Yliäänilentämisen mahdollisuus ilman moottoreiden jälkipolttoa (*supercruise*)
- Kehittynyt avioniikkajärjestelmä”¹⁷⁵

Nykypäivän taistelukenttää voidaan luonnehtia ilmasodan osalta digitaaliseksi taistelukentäksi. Digitaalinen taistelukenttä koostuu integroiduista digitaalisista järjestelmistä, jotka reaaliaikaisesti keräävät ja hyödyntävät saamiaan tietoja. Peruselementit digitaaliselle taistelukentälle ovat miehitetyt ja miehittämättömät tiedustelu-, valvonta-, johtamis- ja asejärjestelmäalustat, hajautetut tietojärjestelmät, älykkäät sensori-, ase- ja omasuojajärjestelmät sekä kaikki nämä osakokonaisuudet yhdistävä, lähes reaaliaikainen tietoliikennealusta. Näiden elementtien avulla on mahdollisuus luoda hyvä tilannetietoisuus.¹⁷⁶

Verrattaessa digitaalisen taistelukentän piirteitä viidennen sukupolven hävittäjien määrittelyyn voidaan nähdä, että selviä yhtäläisyyksiä on löydettävissä. Älykkäiden sensoreiden sekä hyvän datalinkijärjestelmän ansiosta on hävittäjien ohjaajille mahdollisuus luoda reaaliaikainen ja luotettava tilannekuva. Lisäksi low observability (LO =matala havaittavuus, jota kutsutaan myös häiveominaisuudeksi) yhdistettynä eri sensoreiden tuottamaan tilannekuvaan, edesauttavat selviytymistä nykyajan haastavissa toimintaympäristöissä, joissa kehittyneet uhat sijaitsevat niin maassa kuin ilmassa. Tämän myötä viidennen sukupolven hävittäjät mahdollistavat niin sanotun asymmetrisen etumatkan vihollisiin nähden, jonka avulla erilaiset konfliktit on mahdollisuus voittaa.¹⁷⁷

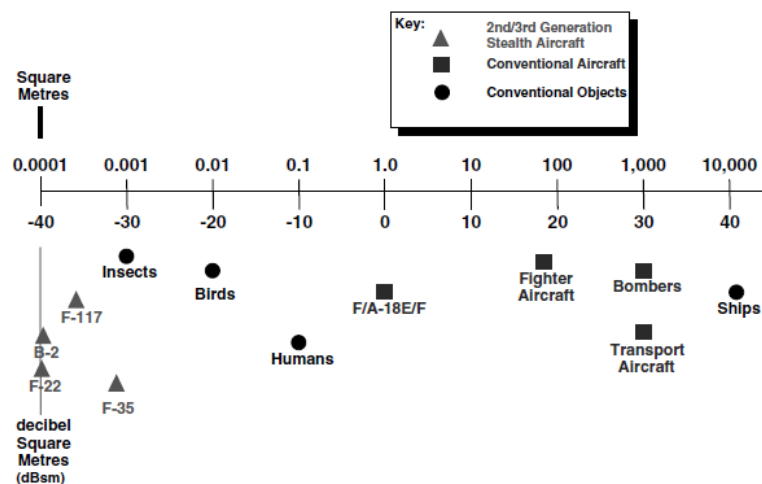
¹⁷⁵ Hunt Edward: *Analysis: Expectations for deployment of fifth-generation fighters*, Air Platforms, 2014, [<http://www.janes.com/article/43616/analysis-expectations-for-deployment-of-fifth-generation-fighters>], Kuopio, viitattu 31.1.2018.

¹⁷⁶ Kosola ja Solante (2003). s. 29-30.

¹⁷⁷ Maj. Gen. Jeff Harrigan and Col. Max Marosko: *Fifth Generation Air Combat: Maintaining the Joint Force Advantage*, Mitchell Institute for Aerospace Studies, The Mitchell Forum, 2016, s. 2-3.

ISR-toimintaan liittyvän sensoriteknologian lisäksi tarkastellaan myös viidennen sukupolven häive- sekä tiedonsiirto-ominaisuuksia. Nämä ominaisuudet liittyvät ISR-tehtävän suorittamiseen tulevaisuudessa hävittäjäkoneilla olennaisesti. Häiveominaisuuksien avulla on mahdollista tunkeutua turvallisesti vihollisen ilmatilaan ja tiedonsiirtojärjestelmien myötä välittää saadut tiedot muille joukoille.

Häivetekniikan tehtävänä on estää tai vaikeuttaa vastustajan tiedustelua ja havainnointia saatamalla kohteen herätteet yhteneviksi toimintaympäristön kanssa. Häiveteknisiä ratkaisuja voidaan muodostaa ultraviolettilueelta aina tutka-alueelle asti. Tässä tutkimuksessa keskitytään vain tutka-alueen häiveteknisiin ratkaisuihin. Tutka-alueella kohteiden havaittavuutta kuvataan tutkakaikupinnalla (radar cross section, RCS). Kaikupinta on sidoksissa katselukulmaan ja sen myötä saatu informaatio saattaa vaihdella moninkertaisesti muutaman asteen kulmavälillä. Koneen muotoilulla on keskeinen merkitys pienennettäessä tutkakaikupintaa, jolloin tarkoituksena ei ole hävittää vastustajan tutkalta tulevaa säteilyä, vaan ohjata se erisuuntaan vastustajaan nähden. Tutkakaikupinnan hallinnassa koneen ulkopinnan sileys on täten yksi keskeisimmistä tekijöistä. Siksi viidennen sukupolven hävittäjissä on rakennettu sisäiset aseluukut, jotta ohjukset ja pommit voidaan sijoittaa koneen rungon sisälle. Hävittäjän muotoilussa on pyritty säilyttämään kaarevia pintoja, koska suorat pinnat ja reunat aiheuttavat säteilyn siroamista ei toivottuun suuntaan. Lisäksi ilma-alusten pintamateriaaleista voidaan tehdä tutkasäteilyä absorboivia, jolloin se vaimentaa säteilyn heijastumista.^{178 179}



Kuva 13. RCS-arvojen vertailu.¹⁸⁰

¹⁷⁸ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen, osa 1 (2008), s. 455-457.

¹⁷⁹ Kosola Jyri, Solante Tero (2003), s. 354-356.

¹⁸⁰ Moir Ian and Seabridge Allan: *Military Avionics Systems*, John Wiley & Sons, Ltd, 2006, s. 180.

Kuvassa 13 on havainnollistettu eri konetyyppien tutkakaikupintojen lukuarvoja. Nämä arvot ovat suuntaa antavia, koska kohteiden todelliset RCS-arvot ovat salaista tietoa.

4.1 Viidennen sukupolven hävittäjät

F-22 Raptor

F-22 Raptor on yksipaikkainen, kaksimoottorinen ilmaherruushävittäjä, joka on käytössä Yhdysvaltojen ilmavoimilla. Raptor on suunniteltu korvaamaan F-15 Eagle hävittäjäkalusto. Raptorin päätehtävä on toimintaympäristön ilmaherruuden ottaminen ja sen säilyttäminen. Sillä voidaan kuitenkin suorittaa myös ilmasta maahan -lentotehtäviä sekä tiedustelutehtäviä.¹⁸¹



Kuva 14. Lockheed Martin F-22 Raptor¹⁸²

F-22 projekti alkoi vuonna 1981. Vaatimuksena oli kehittää viidennen sukupolven ilmaherruushävittäjä, joka saavuttaisi ensimmäisenä vaikuttamisen mahdollisuuden viholliseen nähdessä kaikissa olosuhteissa. Tärkeimpinä teknisinä vaatimuksina olivat häiveominaisuudet, integroitu avioniikkajärjestelmä, supercruise sekä laajennettu liikehtimiskyky liikkuvien suihkusuuttimien ansiosta. Projektiin luotiin kaksi kilpailevaa mallia, jotka olivat YF-22 ja YF-23. YF-23 omasi paremmat häiveominaisuudet, mutta YF-22 oli liikehtelykykyisempi. YF-22 voitti kilpailun, koska haluttiin luoda kompromissi matalan herätteen ja liikehtimisominais-

¹⁸¹ Jane's Aircraft Upgrades: [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_a183-jau_], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

¹⁸² [[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-22_Raptor_edit1_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-22_Raptor_edit1_(cropped).jpg)], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

suuksien välille. Lisäksi YF-22 projektin kustannustason odotettiin pysyvän edullisempänä. Hävittäjä saavutti operatiivisen valmiuden loppuvuodesta vuonna 2005.^{183 184}

Raptor on varustettu AN/APG-77 aktiivisella elektronisesti skannaavalla tutkalla, jonka avulla voidaan tehdä tilannekuvaa niin ilmasta kuin myös SAR-moodilla maasta. Tutkan avulla yhden neliömetrin tutkapoikkipinta-alan omaavat kohteet havaittaisiin noin 200 kilometrin etäisyydeltä. F-22:sen rungon sivuille on mahdollisuus sijoittaa elektronisesti skannaavat tutkayksiköt, joiden avulla voitaisiin päätutkan keilaa laajentaa. Lisäksi myöhemmissä päivityksissä on kaavailtu infrapunasensorin asettamista koneen nokan yläpuolelle. Niin sivuille keilaavia tutkia kuin infrapunasensoria ei ole vielä koneeseen asennettu.¹⁸⁵

Raptor sisältää Intra-Flight Data Link (IFDL) -järjestelmän, jonka avulla se voi jakaa maali-tietoja sekä informaatiota muiden koneiden kesken. Koneeseen on myös asennettu Link 16 -järjestelmän vastaanotto, jolloin hävittäjällä havaitaan muut samassa järjestelmässä olevat komponentit, mutta omaa paikkatietoa tai informaatiota ei jaeta.¹⁸⁶

Omasuojajärjestelmien osalta F-22 Raptorin on asennettu AN/ALR-94-tutkavaroitin (Radar Warning Receiver, RWR) sekä AN-AAR-56-ohjuslaukaisuvaroitin (Missile Approach Warner, MAW). Tutkavaroitinjärjestelmä koostuu yli 30 antennista, jotka on sijoiteltu eri puolille hävittäjän runkoa ja siipiä. Tämän avulla se pystyy havaitsemaan vihollisen tutkasignaalien tulokulmat sekä lähetteen tyyppin. Näiden tietojen avulla tutkavaroitinjärjestelmä ilmoittaa ohjaajalle, mistä suunnasta ja minkälaisesta lavetista signaali tulee. Ohjuslaukaisuvaroitin koostuu kuudesta infrapunasensorista, jotka on sijoiteltu koneen rungon sisään. Infrapunasensoreiden tarkoituksena on kuvantaa ja tunnistaa ohjukset, jotka ovat ammuttu ilma-alusta koh-ti. Järjestelmä toimii niin maasta kuin ilmasta ammuttuja ohjuksia vastaan. Molemmat omasuojajärjestelmät ovat fuusioitu toimimaan tutkan kanssa yhteydessä, jolloin saadaan kasvatettua ohjaajan tilannetietoisuutta merkittävästi.^{187 188}

¹⁸³ Majumdar Dave: *Americ's F-23 Stealth Fighter vs. the Lethal F-22 Raptor: Who Wins?*, The National Interest, 2015, [<http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/americas-f-23-stealth-fighter-vs-the-lethal-f-22-raptor-who-14461>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁸⁴ Jane's Aircraft Upgrades: [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_a183-jau_], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁸⁵ Jane's Aircraft Upgrades: [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_a183-jau_], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁸⁶ Jane's Aircraft Upgrades: [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jau_a183-jau_], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁸⁷ C4ISR & Mission Systems: Air: [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jav_9458-jc4ia], Kuopio, viitattu 1.2.2018.

¹⁸⁸ Lockheed Martin: AN/AAR-56 Missile Launch Detector (MLD): [<https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed/data/mfc/pc/missile-launch-detector-mld/mfc-ml-d-pc.pdf>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

F-35 Lightning II

F-35 Lightning II on yksipaikkainen monitoimihävittäjä, joka on toteutettu kansainvälisenä hävittäjäprojektina. Konetyypistä on kehitetty kolme eri versiota F-35A, F-35B ja F-35C. Hävittäjän A-versio on ainoa, joka on saavuttanut operatiivisen valmiuden.¹⁸⁹ Eri F-35 versioiden erot ovat vain nousu- ja laskeutumisjärjestelmässä. F-35A on suunniteltu nousemaan ja laskeutumaan normaaleille kiitoteille. F-35B-versiossa nouseminen ja laskeutuminen voidaan tehdä pystysuoraan. Tällä konetyypillä pystytään myös operoimaan lyhyiltä sekä normaaleilta kiitoteilta. F-35C-malli on suunniteltu laivaston käyttöön, joten siihen on asennettu ominaisuudet sekä katapulttilento- ja katapulttinentulo- ja laskeutumisjärjestelmää varten.¹⁹⁰



Kuva 15. Lockheed Martin F-35 Lightning II¹⁹¹

Lightning II on varustettu AN/APG-81 aktiivisella elektronisesti skannaavalla tutkalla, jonka avulla voidaan tehdä tilannekuvaa niin maasta kuin ilmasta. Lisäksi F-35:en sisältää elektro-optisen sensorijärjestelmän (EOSS), johon kuuluvat AN/AAQ-37 distributed aperture system (DAS) sekä AN/AAQ-40 electro-optical targeting system (EOTS).¹⁹² DAS-järjestelmä sisältää kuusi kuvantavaa infrapunasensoria. Näiden avulla ohjaajalle luodaan 360 astetta käsittävä kenttä koneen ulkopuolelle. Tämän avulla voidaan havainnoida ja monitoroida koneen ympäristössä olevia uhkia sekä kasvattaa ohjaajan tilannetietoisuutta. Järjestelmän tarkoituksena on antaa ohjaajalle informaatiota esimerkiksi ilma-alusta kohti ammutuista ohjuksista sekä havainnollistaa näiden laukaisupaikat. Infrapunasensorit toimivat myös vihollisen ilma-alusten

¹⁸⁹ [<https://www.f35.com/news>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁹⁰ [<https://www.f35.com/about/variants>], Kuopio, viitattu 31.1.2018.

¹⁹¹ [<http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/expert-the-f-35-broken-obsolete-design-unsuitable-modern-19475>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁹² Jane's All the World's Aircraft: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa1347-jawa>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

sekä maakohteiden havainnointiin. DAS:in avulla voidaan myös maalittaa kohteita asejärjestelmälle.^{193 194}

EOTS-järjestelmä on sijoitettu koneen nokan alle safiirilasin sisään (kuva 16). Järjestelmän sisältämät elektro-optiset sensorit voivat seurata niin maassa kuin ilmassa olevia kohteita. Sen avulla voidaan myös mitata etäisyyksiä ja maalittaa kohteita laserin avulla.¹⁹⁵



Kuva 16. EOTS-sensori koneen nokan alla.¹⁹⁶

F-35 sisältää kaksi erilaista datalinkijärjestelmää. Ensimmäinen järjestelmä on multifunction advanced data link (MADL). Toinen järjestelmä on Link-16. MADL:n avulla koneet pystyvät lähettämään informaatiota ja dataa toisilleen, kuten Raptorit voivat lähettää IFDL:n avulla. MADL-järjestelmän heikkoutena voidaan pitää sitä, että järjestelmää ei ole millään muulla ilma-aluksella käytössä kuin F-35:lla. Tämän myötä F-35 ja F-22 eivät pysty lähettämään dataa toisilleen vaan toimivat omissa eristetyissä järjestelmissään. Link-16-järjestelmän avulla F-35 pystyy lähettämään ja vastaanottamaan informaatiota vanhemman kaluston kanssa.^{197 198}

^{199 200}

Omasuojajärjestelmänä on BAE Systemsin tuottaman AN/ASQ-239, joka pystyy toimimaan niin tutkavaroitinena kuin myös häirintälähtettimenä. Sensoripeitto on 360 astetta ilma-

¹⁹³ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeos8410-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁹⁴ [<http://www.northropgrumman.com/Capabilities/ANAAQ37F35/Pages/default.aspx>], Kuopio, viitattu 1.2.2018.

¹⁹⁵ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeos8414-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁹⁶ [<https://www.flightglobal.com/news/articles/lockheed-prepping-advanced-eots-and-legion-pod-for-f-422810/>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁹⁷ [<https://www.flightglobal.com/news/articles/communications-gateway-between-f-35-and-f-22-still-t-435790/>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

¹⁹⁸ Jane's All the World's Aircraft: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa1347-jawa>], Kuopio, viitattu, 31.1.2018.

¹⁹⁹ [<https://www.defensenews.com/air/2017/08/23/northrops-fix-for-f-35-and-f-22-communications-problems-involves-global-hawk-uavs/>], Kuopio viitattu, 1.2.2018.

²⁰⁰ Jane's All the World's Aircraft: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa1347-jawa>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

aluksen ympärillä, joten se pystyy havaitsemaan mistä suunnasta tahansa tulevan lähetteen. Varoitinjärjestelmä toimii maasta ja ilmasta tulevia lähetkeitä vastaan. Häirintäjärjestelmä pystyy vaikuttamaan niin radio- kuin tutkataajuuksiin.^{201 202}

Kaikki sensorijärjestelmät ovat integroitu yhteen, jolloin niiden havaitsemat kohteet on mahdollista nähdä myös muilla sensoreilla. Ohjaaja voi itse valita, mistä kohteesta ja millä sensorilla haluaa tietoa. Tämä on toteutettu automaation avulla, jolloin sensorit seuraavat havaitsemiaan kohteita, vaikka hävittäjän ohjaaja itse keskittyisi esimerkiksi uhkaavimpaan viholliseen. Tämän myötä voidaan tarkkailla niin ilmassa kuin maassa olevia kohteita tutkan ja infrapunasensoreiden tuottaman kuvan avulla yhtäaikaisesti.²⁰³

T-50 PAK FA

T-50 PAK FA on venäläisen Sukhoi-yhtiön valmistama ilmaherruushävittäjä, jonka kehitystyö on alkanut vuonna 1998. Ensilennon PAK FA suoritti vuonna 2010. Kehitystyö on jatkunut siitä asti ja koneen tuotanto on viivästynyt merkittävästi, koska hävittäjän moottoreiden toimituksessa ja valmistuksessa on ilmennyt ongelmia. Sarjatuotannon toivotaan alkavan vuonna 2019.



Kuva 17. T-50 PAK FA²⁰⁴

PAK FA on varusteltu Sh121-aktiivisella elektronisesti skannaavalla tutkalla, johon kuuluu kuusi eri antennimoduulia. Tutka pystyy toimimaan X- ja L-taajuusalueilla. X-alueen tutka-

²⁰¹ Lockheed Martin, F-35 Lightning II: [<https://www.f35.com/about/capabilities/electronicwarfare>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²⁰² BAE Systems: [<https://www.baesystems.com/en-us/product/an-asq-239-f-35-ew-countermeasure-system>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²⁰³ The F-35 and Advanced Sensor Fusion: [<http://www.sldinfo.com/whitepapers/the-f-35-and-advanced-sensor-fusion/>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²⁰⁴ The National Interest: [<http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/russias-pak-fa-stealth-fighter-takes-another-step-forward-20275>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

taajuuksia käytetään kohteiden seurantaan ja tulenjohtoon. Matalampia L-alueen taajuuksia voidaan käyttää etäisyydeltä kauas tapahtuvaan valvontaan tai ennakkovaroitukseen. Antennimoduulit ovat kiinnitetty koneen nokkaan, nokan vasemmalle ja oikealle puolelle, perässä moottoreiden välissä sijaitsevaan puomiin sekä koneen siipien johtoreunoihin. Nokassa sijaitsevat kolme moduulia sekä perään sijoitettu moduuli toimivat X-alueella ja siivenjohtoreunoissa olevat moduulit L-alueella. Tämän avulla saadaan etsittyä kohteita laajemmasta sektorista, verrattuna yhden antennimoduulin ratkaisuun.²⁰⁵ Lisäksi PAK FA sisältää OLS-50M-mallisen elektro-optisen sensorin, joka on sijoitettu tuulilasin eteen koneen nokalle. Sensori sisältää infrapuna- sekä näkyvänvalonsensorin. Sillä voidaan tiedustella, havaita ja seurata kohteita ilmasta tai maasta. Sensorin avulla voidaan myös maalittaa havaittuja kohteita passiivisesti asejärjestelmälle. OLS-50M-järjestelmään on myös liitetty 101KS-U ohjusvaroitussjärjestelmä, joka käyttää ohjusten havainnointiin ultraviolettivaloteknologiaa. Tämän avulla on mahdollista saada kulmatietoperusteinen havainto ohjuksesta. Järjestelmän uskotaan toimivan samalla tavalla kuin F-35:en DAS-järjestelmän. Sen avulla voidaan luoda koko koneen ympäröivä ohjusvaroituskky.^{206 207 208 209}

Hävittäjän omasuojajärjestelmä on samantyyppinen kuin muilla viidennen sukupolven hävittäjillä. L402 Himalayas omasuojajärjestelmän valmistaja on KNIRTI. Se on integroitu osaksi muita lavetin sensorijärjestelmiä, jolloin se saa tietoa tutkalta ja optisilta sensoreilta. Lisäksi Himalayas järjestelmän omia sensoreita on sijoitettu koneen rungon ympärille, jotta se voi havainnoida ja tunnistaa uhkia itsenäisesti.²¹⁰

Datalinkkinä käytetään Polyot S-111-N-järjestelmää, jonka avulla voidaan jakaa tietoa niin maa-asemien kuin ilma-alusten välillä. Järjestelmää voidaan käyttää myös niin sanotussa suojamoodissa, jolloin voidaan joko vain vastaanottaa tai lähettää tietoa. Saman datalinkkijärjestelmän asennuksista muihin koneisiin ei ole tietoa.^{211 212}

²⁰⁵ C4ISR & Mission Systems: Air: [https://janes.ihs.com/Janes/Display/jav_b259-jc4ia], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²⁰⁶ Jane's All the World's Aircraft: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa5596-jawa>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²⁰⁷ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeosa262-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²⁰⁸ Richardson Doug: *PAK FA - Russia's Next Generation Fighter*, The Journal of Electronic Defense, 2016, s. 36-37.

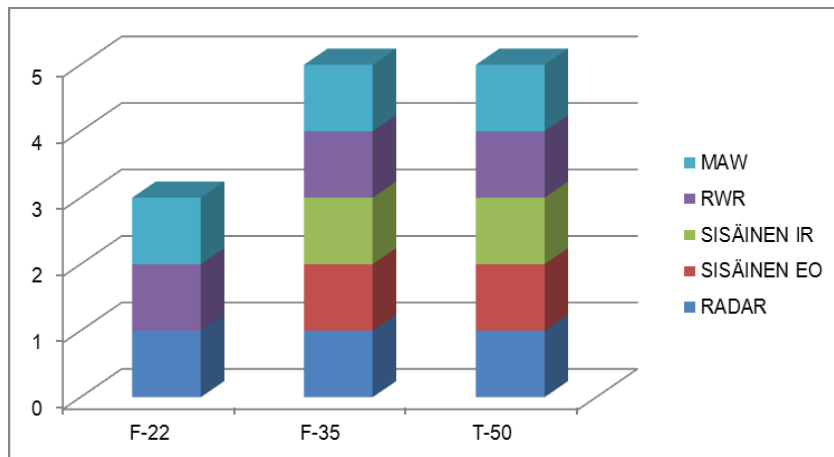
²⁰⁹ Kopp Carlo, Goon Peter: *Assessing the Sukhoi PAK-FA*, [<http://www.ausairpower.net/APA-2010-01.html>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²¹⁰ Richardson Doug (2016), s. 37.

²¹¹ Jane's All the World's Aircraft: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jawa5596-jawa>], Kuopio, viitattu, 1.2.2018.

²¹² Richardson Doug (2016), s. 37-38.

4.2 ISR-teknologia viidennen sukupolven hävittäjissä



Kuva 18. Viidennen sukupolven hävittäjien sensorijärjestelmät

Kuvaan 18 on eroteltu eri konetyyppeihin asennetut sensorijärjestelmät. Kaikki hävittäjät sisältävät aktiivisen elektronisesti skannaavan tutkan. Tutkien odotetaan säilyttävän asemansa taistelukoneiden pääsensoreina tulevaisuudessakin.²¹³ AESA-tutkalla voidaan seurata useita ilmassa tai maassa olevia maaleja, koska sillä voidaan muodostaa monta elektronista keilaa, jotka toimivat itsenäisesti. Tämän myötä ilmavalvontakyky on kehittyneemmällä tasolla verrattuna hävittäjiin, jotka toimivat esimerkiksi dopplertutkilla.²¹⁴

F-22 Raptorin ja F-35 Lightning II tutkat pystyvät toimimaan SAR- ja ISAR- sekä GMTI-moodeissa. SAR-moodin avulla on mahdollista suorittaa tiedustelu- sekä kuvaustehtäviä vihollisen joukkoja vastaan. Tämä mahdollistaa myös kohteiden maalittamisen ilmasta maahan-toimintaa varten. ISAR-moodia käytetään merellä olevien alusten havaitsemiseen. Tässä moodissa hyödynnetään maalin luontaista liikettä, jonka avulla muodostetaan kuva kohteesta. ISAR:in avulla voidaan myös kuvantaa ilmassa olevia kohteita. Kohteista luodaan tutkalla aluksi seuranta, jonka jälkeen ISAR-moodi luo kolmiulotteisen korkean resoluution kuvan maalista. Kohteen tunnistus tapahtuu erillisen kirjaston avulla, joka on ladattu koneen järjestelmiin ja jonka kuvia verrataan ISAR-moodin luomaan kuvaan. Molempien hävittäjien tutkat voivat muodostaa myös GMTI-kuvaa toiminta-alueesta, jolloin pystytään havaitsemaan maanpinnalla liikkuvat kohteet sekä seuraamaan niitä.^{215 216 217 218 219}

²¹³ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008) osa 2, s. 230.

²¹⁴ Moore, S: *UK Airborne AESA Radar Research*, IEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol 25 issue 2, 2010.

²¹⁵ [<https://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/systems/an-apg-77.htm>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²¹⁶ Insinöörikapteeni Passoja Kalle: *Tilannekuvan muodostaminen seuraavan sukupolven hävittäjissä*, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2011, s. 10-11.

Venäläisen T-50 hävittäjän AESA-tutkan oletetaan toimivan niin ilma- kuin maakohteiden havainnointiin ja seuraamiseen. Tästä ei ole kuitenkaan tarkempia tietoja, koska tutka on vasta kehitysvaiheessa. Sen kuitenkin odotetaan vastaavan Sukhoi-yhtiön valmistaman SU-35 N135 Irbis-tutkaa suoritusarvojen puolesta.²²⁰ N135 Irbis on passiivisesti toimiva elektroninen tutka, joka mahdollistaa yhtäaikaisen ilma- ja maamaalien seurannan, kuten F-22 ja F-35 hävittäjien tutkat. Tutkan ISAR - tai GMTI-moodeista ei ole vielä tarkempaa tietoa.²²¹

AESA-tutkien myötä voidaan viidennen sukupolven hävittäjillä suorittaa ISR:n kannalta IMINT- sekä GEOINT-tehtäviä. Lisäksi ne voivat täydentää ilmatilannekuvaa, koska AESA-tutkan havaintoetäisyydet ovat merkittävästi suurempia verrattuna vanhempaan hävittäjäkalustoon.

	AN/APG-77	AN/APG-81	N135 IRBIS
Azimuth	±70°	±70°	±240°
Elevation	±70°	±70°	±60°
Range (1 m ² RCS)	180 km	120-150 km	220km

Kuva 19. Tutkien havaintoetäisyydet²²²

Kuvassa 19 on taulukoitu IHS Jane's julkisen palvelun mukaiset havaintoetäisyydet eri tutkamalleille. Taulukon mukaan Irbis pystyy havaitsemaan yhden neliömetrin kohteen suurimmalta etäisyydeltä. Lisäksi tutka pystyy tuottamaan suurimman sivusuunnassa olevan kulmakyvyn verrattuna muihin tutkamalleihin. Korkeussuunnassa tutkat ovat rajoitettu melkein samoihin arvoihin.

F-22 Raptor on tämän tutkimuksen tarkastelun kohteena olevista viidennen sukupolven hävittäjistä ainoa, johon ei ole asennettu elektro-optisia sensoreita. F-35 ja T-50 sisältämät EO/IR-sensorit mahdollistavat maassa ja ilmassa olevien kohteiden havainnoinnin ja seuraamisen. ISR-toiminnan kannalta elektro-optiset sensorijärjestelmät ovat varsinkin maassa olevia koh-

²¹⁷ Jensen David, F-35 Integrated Sensor Suite: Lethal Combination, [<http://www.aviationtoday.com/2005/10/01/f-35-integrated-sensor-suite-lethal-combination/>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²¹⁸ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jrew1943-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²¹⁹ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jrew0574-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²²⁰ Richardson Doug (2016), 32.

²²¹ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jrew0549-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²²² [<https://janes.ihs.com/>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

teita vastaan erittäin tärkeitä. Näkyvän valon sensoreiden havaintoetäisyydet ovat lyhyempiä kuin infrapuna-alueella toimittaessa. F-35 ja T-50 hävittäjissä näkyvän valon alueen kameroita käytetäänkin yleisesti maalinsoitukseen sekä kohdevalvontaan. Tällä voidaan myös täydentää muilta sensoreilta saatavaa kuvaa. Lightning II ja PAK FA -hävittäjien infrapunaetsimiä käytetään pitkän matkan maalitietojen hankintaan ja tunnistukseen.^{223 224} F-35 hävittäjän DAS-sensorin tarkoituksena on havaita infrapunalla avulla uhkia ja kohteita. Se toimii täysin passiivisena sensorina EOSS-järjestelmässä. EOTS-sensorin toiminta on verrattavissa vanhempien hävittäjien ulkoisesti sijoitettuihin maalinsoitusjärjestelmiin. Laite voi toimia passiivisena sensorina tai sitä voidaan käyttää aktiivisesti kohteiden maalittamiseen. PAK FA:n OLS-50M-järjestelmää voidaan verrata esimerkiksi Dassault Rafalen käyttämään SAGEN OSF elektro-optiseen sensoriin. Nokalle sijoitettuna alaspäin oleva katselukulma on rajoittunut, mutta tietyiltä etäisyyksiltä maasta voidaan havaita kohteita.^{225 226 227}

Kaikkiin viidennen sukupolven hävittäjiin on asennettu tutkavaroitin- sekä ohjusvaroitinjärjestelmä. Ohjusvaroitinjärjestelmien toiminta perustuu ohjuksen kuuman rakettimoottorin säteilemän infrapuna- tai ultraviolettisäteilyn ilmaisuun. Rakettimoottorista tuleva säteily ilmenee luonnollisesti vain ohjuksen kiihdytysvaiheen aikana. Kun ohjuksen polttoaine loppuu, lämpösäteily ja palokaasujen määrä on lähes olematon.²²⁸ Sensoreiden on vaikea havaita suuren etäisyyden päästä ammuttuja ohjuksia, koska ohjusten moottorit eivät säteile sensoreille havaittavia suureita. Tutkavaroitinien toiminta perustuu passiiviseen tutkasäteilyn havainnointiin. Järjestelmien toiminta perustuu suurilta osin lavetin signaalikirjaston laajuuteen. Tämän perusteella varoitin luokittelee ja tunnistaa erilaiset uhat. Tutkavaroitinien avulla voidaan myös tallentaa signaaleja, jolloin havaintoja voidaan hyödyntää ohjelmoitaessa varoitin- ja häirintäjärjestelmiä.²²⁹

ISR-toiminnan kannalta merkittävänä heikkoutena F-22 Raptorissa ja F-35 Lightning II:ssa on maalitiedon jakaminen. Hävittäjät eivät voi lähettää sensoreidensa tuottamaa videokuvaa tai yksittäisiä kuvia datalinkkijärjestelmien avulla maa-aseille. F-35 hävittäjällä voidaan lähettää maalien tai kohteiden koordinaattipisteitä toisille hävittäjille tai maa-aseille Link-16-

²²³ Moir and Seabridge, 2006, s. 183-227.

²²⁴ Kari, Hakala, Pääkkönen, Pitkänen (2008) osa 2, s. 230-233.

²²⁵ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeos8410-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²²⁶ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeosa262-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²²⁷ C4ISR & Mission Systems: Air: [<https://janes.ihs.com/Janes/Display/jeos8414-jc4ia>], Kuopio, viitattu, 2.2.2018.

²²⁸ Kosola ja Solante (2003). s. 450.

²²⁹ Sama (2003). s. 445-451.

järjestelmän avulla, mutta esimerkiksi AESA-tutkan SAR-kuvien lähetys ei onnistu, koska datalinkkijärjestelmän tiedonsiirto nopeus ei mahdollista tätä.²³⁰ F-22 voi jakaa havaittujen kohteiden tiedot vain hävittäjien omassa datalinkkijärjestelmässä. Tämän myötä tiedustelutiedon saaminen analyysiä varten viivästyy. Hävittäjäohjaajien tulee siis pystyä analysoimaan havaittuja kohteita, jolloin tärkeät tiedot saadaan välitettyä tiedon tarvitsijoille. T-50 PAK FA:n datalinkkijärjestelmän kyvyistä siirtää suuria tietomääriä ei ole vielä tarkempia tietoja, koska ilma-alus on vasta koelentovaiheessa.

²³⁰ Jensen David: *Radar Transmitting Data*, Avionics Today, 2006, [<http://www.aviationtoday.com/2006/08/01/radar-transmitting-data/>], Kuopio, viitattu, 3.2.2018.

5. SKENAARIOTARKASTELU

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen eksploraatiivinen skenaario, jossa tarkastellaan nykyhetken ja tulevaisuuden trendejä. Tämän avulla pyritään löytämään kehityskulkuja tulevaisuutta varten. Nykytilan arviointi on suoritettu tässä tutkimuksessa lukujen kolme ja neljä pohjalta suoritetussa sisällön analyysissä. Tässä on hankittu ymmärrys nykypäivän ISR-toiminnasta ja viidennen sukupolven hävittäjien kyvykkyyksistä. Tulevaisuuden arvioimisen haasteena on muuttujien vaihtuvuus. Tutkimuksen skenaariotarkastelussa keskitytään geneeriseen viidennen sukupolven hävittäjän toimintamahdollisuuksiin ISR-toiminnan kannalta. Uhka muodostuu niin maa- kuin ilmasijoitteisista kohteista. Täysin uusia ja vielä tuntemattomia teknologisia ratkaisuja ei tutkimuksessa käsitellä, koska niiden arviointi ja ennustaminen on lähes mahdotonta.

5.1 Tulevaisuusskenaario

Tämän tutkimuksen skenaario pohjautuu tutkimuslaitos RAND:in julkaisemaan ”*Smarter Power, Stronger Partners, Volume II, Trends in Force Projection Against Potential Adversaries*”²³¹ tutkimukseen. Tutkimuksen skenaariopohjaan on luotu geneerinen vihollinen. Tässä toimintaympäristössä tarkastellaan geneerisen viidennen sukupolven hävittäjän mallia. Tulevaisuustaulun muuttujat on valittu kaluston selviytymisen ja tehtävän suorittamisen kannalta oleellisista tekijöistä. Tulevaisuustaulun perusta on osittain muuttumattoman kasvun malli, mutta myös paluu menneeseen aikaan. Muuttumattoman kasvun mallilla on skenaarioon luotu uhkaympäristö. Viidennen sukupolven hävittäjämallia tarkastellaan stabiilissa maailmassa, koska ne laitteet ja järjestelmät ovat jo keksittyjä.

Tulevaisuusskenaarion visiona on geneerisen hävittäjämallin käytettävyys ISR-toiminnassa. Tarkoituksena on havainnollistaa kyvykkyyksiä nykypäivän kalustoon verrattuna. Skenaarion missioiden avulla visio on mahdollista saavuttaa. Eri missioita on myös mahdollista yhdistää, jotta haluttu tavoite saavutetaan. Nykypäivän ISR-kaluston toiminta auttaa määrittelemään lähtökohtia geneerisen hävittäjämallin toimintaan, mutta se ei määrittele kaikkia mahdollisia missioita tässä tarkastelussa.

²³¹ Duncan Long, Terrence K. Kelly, David C. Gompert; *Smarter Power, Stronger Partners, Volume II, Trends in Force Projection Against Potential Adversaries*, Rand Corporation, Santa Monica, California, 2017.

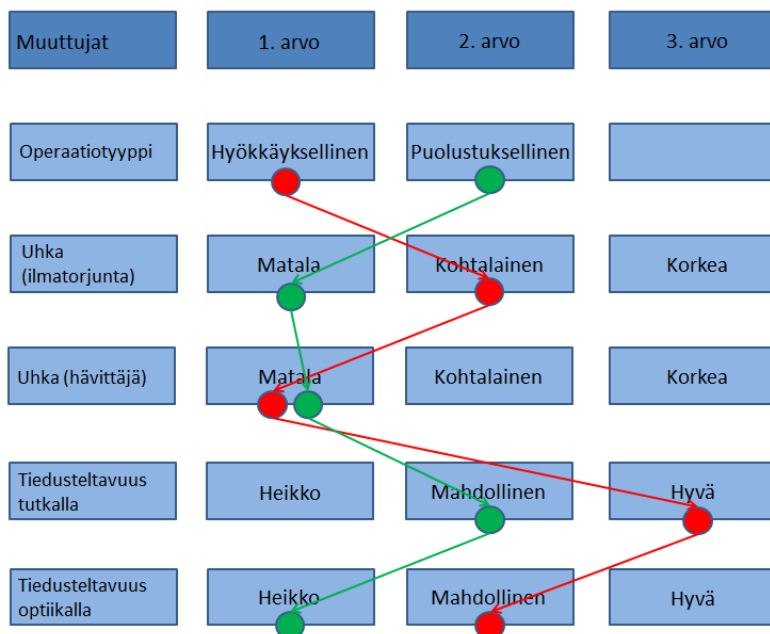
Tämän tutkimuksen tulevaisuusskenaarion geneerinen viidennen sukupolven hävittäjämalli koostuu seuraavista piirteistä, jotka ovat skenaariotarkastelun kannalta katsottu oleellisiksi:

- matala havaittavuus
- elektronisesti keilaava tutka
- sisäinen infrapunasensorijärjestelmä
- sisäinen elektro-optinen sensorijärjestelmä
- datalinkkijärjestelmä, jonka avulla voidaan olla yhteydessä toisiin koneisiin ja maasemiin
- ohjusvaroitinjärjestelmä
- tutkavaroitinjärjestelmä

Hävittäjämallin tutkakaikupinta on päätetty olemaan kuvan 13 perusteella $0,01 \text{ m}^2$. Koneessa ei ole ulkoisia ripustimia eikä asekuormaa, joten kaikupinta on mahdollisimman pieni. Tämä tutkakaikupinta katsotaan myös olevan sama niin koneen etuaspektista kuin myös kylkiaspektista. Geneerisen hävittäjämallin tutkansuorituskyky on valikoitu liitteen 12 kuvan taulukosta mediaaniarvona. Tämän perusteella voidaan huomioda, että 1 m^2 tutkakaikupinnan omaava kohde havaitaan 150 km etäisyydeltä. Muiden sensorijärjestelmien havaintoetäisyyksiä ei huomioda numeerisissa muodoissa, vaan niiden ISR-kyvykkyksiä tarkastellaan teoreettisella tasolla.

Skenaarion uhkaympäristö koostuu maasijoitteisista maasta-ilmaan asejärjestelmistä sekä hävittäjäkoneista. Maasta-ilmaan asejärjestelmiä on skenaariossa oletettu olevan kahta erilaista tyyppiä. Maajoukkoja on suojaamassa lähi-ilmatorjuntayksiköitä ja vihollisen tukikohtaa on suojaamassa kauaskantoinen ilmatorjuntayksikkö. Näiden yksiköiden vaikuttamisetäisyydet on johdettu liitteen 13 taulukosta molempien tyyppien mediaaniarvoina. Maajoukkojen suojana olevien ilmatorjuntayksiköiden vaikuttamisetäisyys geneeriseen hävittäjämalliin on 40 km ja kauaskantoisen ilmatorjuntayksikön 100 km. Toiminta-alueella on myös ballistisia ohjusjärjestelmiä, joiden havaittavuutta tarkastellaan teoriatasolla. Skenaarion hävittäjäuhka koostuu geneerisestä neljännen sukupolven hävittäjästä, joka on varustettu toimimaan elektronisesti keilaavalla tutkalla. Vihollisen hävittäjämallin tutkakaikupinta-ala katsotaan olevan taulukon 13 myötä noin 1 m^2 . Vihollisen hävittäjäutukan havaintoetäisyys geneeriseen hävittäjämalliin on liitteen viisi taulukon mediaaniarvo eli 40 km.

Skenaarion toimintaympäristö ja vihollisen ryhmytys on kuvattu liitteessä 14. Tässä rintamalinjan oikealla puolella on maajoukkojen lähipuolustuksena ja tukikohdan suojana vihollisen ilmatorjuntayksiköitä. Lisäksi vihollisen hävittäjät toimivat alueella. Hävittäjämalli on kuvattu geneerisenä viidennen sukupolven hävittäjänä. Toimintaympäristön tulevaisuustaulu on havainnollistettu kuvassa 20. Tulevaisuustauluun on merkitty vaakariville muuttuja-arvoja ja pystyriiville skenaariotutkimuksen kannalta oleellisia tekijöitä. Taulussa esitettyjen polkujen värit ovat yhteensopivat liitteessä 14 esitetyn skenaarion väriyhdistelmien kanssa.



Kuva 20. Geneerisen viidennen sukupolven hävittäjän tulevaisuustaulu skenaariosta

Kuvan 20 hyökkäyksellisessä operaatiossa uhat koetaan mataliksi tai kohtalaisiksi. Matalan havaittavuuden ja omien sensoreiden avulla uhkien havaittavuus odotetaan olevan suurempi kuin vihollisen. Tämän myötä on mahdollista tunkeutua vihollisen toiminta-alueelle ja suorittaa niin tiedustelu- kuin valvontatehtäviä. Ilmatorjunnan katsotaan aiheuttavan suuremman uhan hävittäjämallille kuin skenaarion hävittäjäuhan. Tutkalla suoritettava tiedustelun katsotaan olevan havaintoetäisyyksistä johtuen hyvällä tasolla, koska tutkakuvaa voidaan tehdä maasta ja ilmasta yhtäaikaaisesti. Lisäksi hävittäjämallin tutkan havaintoetäisyydet ovat suuremmat kuin skenaarion uhkien vaikutusetäisyydet. Infrapuna- tai optisilla sensoreilla suoritettavan tiedustelun oletetaan olevan mahdollista. Tämä riippuu kuitenkin tiedusteltavasta vihollisen osastosta. Skenaariossa vihollisen maajoukkojen sekä niiden tukena olevien ilmatorjuntajärjestelmien tiedustelu ja valvonta katsotaan olevan mahdollista, mutta tukikohdan ja sen suojana olevan ilmatorjuntajärjestelmän tiedustelu elektro-optisilla laitteilla oletetaan olevan heikkoa suurista etäisyyksistä johtuen.

Puolustuksellisessa operaatiossa uhat ovat matalia, koska vihollisen alueelle ei tunkeuduta. Tutka- sekä optisentiedustelun arvioidaan olevan mahdollista rintamalinjalla oleviin joukkoihin, mutta havaintoetäisyyksistä johtuen sitä ei voida kohdentaa skenaariossa mallinnettuun tukikohtaan asti.

Hävittäjämallin kokonaistiedustelun arviointi teknologian kannalta on haasteellista, koska sensoreiden tarkat havaintoetäisyydet ovat salaista tietoa. Skenaarion hävittäjämallin sensoreiden avulla on kuitenkin yllä mainittujen asioiden lisäksi mahdollista havaita esimerkiksi maasta laukaistuja ohjuksia. Tähän voidaan käyttää ilma-aluksen infrapuna- sekä optisia sensoreita.

SAR- ja ISAR-tiedustelua voidaan suorittaa jatkuvasti operaatioiden aikana, koska se toteutetaan tutkan avulla automaattisesti. GMTI-moodin käyttö oletetaan olevan heikkoa hyökkäyksellisessä operaatiossa, koska tutkan tulisi valvoa tiettyä aluetta pidemmän aikaa, jotta liikkuvien maalien sijainteja voitaisiin yhdistää tehokkaasti. Tätä moodia voidaan kuitenkin käyttää puolustuksellisessa operaatiossa, koska vihollisen uhkajärjestelmät eivät aseta välitöntä uhkaa kokoaikaisesti hävittäjälle. Näin joukkojen liikkeistä toiminta-alueella voidaan muodostaa kaavoja yhdistettynä SAR-kuviin.

Hävittäjämalli pystyy toimimaan ohjus- ja tutkavaroitinjärjestelmien avulla ELINT-tehtävissä aina, kun se on ilmassa. Järjestelmien avulla voidaan tallentaa taistelukentän elektromagneettista spektriä ja näin ollen kehittää omia uhkakirjastoja vihollisen käyttämistä sensoreista. Varoittimien ei kuitenkaan oleteta pystyvän kolmiomittaamaan vihollisen havaittujen uhkien sijaintia.

6. POHDINTA

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää, miten viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyvykkyyksiä voidaan hyödyntää operaatioissa. Tässä luvussa tiivistetään tutkimuksen tulokset ja kuvataan skenaarion hävittäjämallin ISR-kyvykkyyksien käyttömahdollisuuksia. Lisäksi pohditaan kehitystrendejä, joiden avulla on mahdollista hahmottaa kehityskulkuja tulevaisuuteen. Näin pyritään löytämään vastaukset päätutkimuskysymykseen sekä alatutkimuskysymyksiin. Lopuksi arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja esitetään mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

6.1 Johtopäätökset

ISR-toiminnan tavoitteena on kerätä ja koostaa tiedustelutietoa. Näiden tietojen avulla luodaan tilannetietoisuutta niin itselle kuin muille. Ilmasta suoritettavaa tiedustelua voidaan tehdä kaikkien kolmen ISR-termin alle lukeutuvien havainnointien avulla. Tiedustelun, valvonnan ja kohdevalvonnan käyttöä ohjaa kuitenkin vahvasti toimintaympäristö. Tiedustelutoimintaa voidaan suorittaa lähtökohtaisesti aina, kun jokin sensori tai henkilö tarkkailee toiminta-aluetta. Valvonnan osalta tehtävät lukeutuvat passiivisiin ja pitkäkestoisiin suoritteisiin, jolloin toiminta-aluetta tarkkaillaan ajallisesti kauemmin ja korostetaan siinä tapahtuvia muutujia. Kohdevalvonnan avulla vihollisesta pyritään saamaan visuaalisesti tai muilla sensoreilla aktiivisia ja suoria havaintoja.

Hankitun tiedustelutiedon ympärillä toimii kokoajan ISR-prosessi, joka koostuu suunnittelusta, kokoamisesta, prosessoinnista, analyysistä sekä tiedon levittämisestä. Tämän prosessin avulla voidaan tuottaa itse tiedustelutietoa päättäjille.

Tiedustelutietoa on kerätty ilma-aluksista lähtökohtaisesti signaalitiedustelun, kuvaustiedustelun, elektronisen mittaustiedustelun sekä elektronisen viestitiedustelun avulla. Ilma-alusten pääsensoreita tiedusteluun ovat tutkat, optiset sensorit sekä passiiviset radiotaajuussensorit. Nykypäivänä sekä tutkimuksessa tarkasteltavissa operaatioissa ISR-toimintaa on suoritettu monien eri ilma-alusten yhteisoperaatioina. Kaikki eri ilma-alukset ovat sisältäneet jonkin tietyn komponentin ISR-käsitteen alta, jolloin laajan tiedustelutiedon hankintaan on tarvittu useita konetyyppejä. Tutkimuksessa tarkasteltavien operaatioiden osalta toimintaympäristöt eivät ole asettaneet rajoitteita nykypäivän ISR-kaluston toimintaan. Valvontaa ja kohdeval-

vontaa on voitu suorittaa lyhyiltä etäisyyksiltä vihollisesta ja näin ollen saamaan tarkkaa tiedustelutietoa. Suuria tiedustelu ilma-aluksia kuten E-3, E-8 ja RC-135 on käytetty satojen kilometrien päässä rintamalinjasta. Näiden sensorit pystyvät kattamaan suuria alueita, mutta itse ilma-alukset ovat samalla otollisia kohteita viholliselle. Miehittämättömiä ilma-aluksia voidaan myös käyttää suuremmilta etäisyyksiltä toiminta-alueesta tiedustelu tai valvontatehtävissä. Kohdetiedustelua varten tarvitaan ainakin paikallinen ilmaherruus, koska järjestelmät ovat puolustuskyvyttömiä ilmasta tai maasta tulevaa uhkaa vastaan. Hävittäjien käyttö ISR-toimintaan on ollut osin epäselvää. Sensori- sekä tiedonsiirtojärjestelmät ovat tietyissä määrin tukeneet ISR-toimintaa, mutta lentäjien koulutus ja ohjeistuksen vajavaisuus ovat aiheuttaneet ongelmia toiminnan tehokkaaseen suorittamiseen.

Miehittämättömien ilma-alusten sekä hävittäjien sensorijärjestelmät vastaavat nykypäivänä suurimmilta osin toisiaan. Kaikki hävittäjät eivät kuitenkaan sisällä optisia sensoreita sisäisesti asennettuna. Tämän takia on kehitetty ulkoisia maalinosoitusjärjestelmiä, jotka voidaan asentaa koneiden ripustinpisteisiin. Näiden järjestelmien avulla voidaan tuottaa tiedustelutietoa infrapunasensoreiden tai elektro-optisten sensoreiden avulla. Nykypäivän hävittäjiin voidaan myös asentaa elektronisesti keilaava tutka, jolloin tilannekuvaa voidaan muodostaa niin maasta kuin ilmasta yhtäaikaisesti. Lisäksi nykypäivän elektronisesti keilaavat tutkat mahdollistavat SAR-tekniikan sekä GMTI-moodin käytön. Näiden avulla kohdealueesta saadaan maantieteellisesti tarkkoja kuvia ja niihin voidaan yhdistää havainnot liikkuvista kohteista. SIGINT- ja ELINT-tehtäviin hävittäjät soveltuvat rajoitetusti, verrattuna soveltuvuutta suurien tiedusteluilma-aluksien (RC-135) kohdalla. Hävittäjien tutka- ja ohjusvaroittimia käytetään nykypäivänä osana omasuojajärjestelmiä, jolloin pyritään havainnoimaan ja puolustautumaan vihollisen uhilta. Tiedustelutarkoituksessa kaluston järjestelmät ovat osin puutteellisia, koska niistä voidaan havaita vain kulmatietoja eikä lähetteen paikkaa kyetä havainnoimaan.

Viidennen sukupolven hävittäjien sensorijärjestelmät sisältävät ISR-toiminnan kannalta tärkeimpänä komponenttina elektronisesti keilaavan tutkan. Lisäksi F-35 ja T-50 konetyyppeihin on sijoitettu sisäisesti infrapuna- ja elektro-optiset sensorit. Kaikkiin ilma-aluksiin on myös asennettu tutka- ja ohjusvaroitin järjestelmät. Nämä järjestelmät voivat toimia osana ISR-toimintaa niin itsenäisesti kuin yhdessä. Tutkan avulla voidaan suorittaa tiedustelua ja valvontaa yhtäaikaisesti maasta ja ilmasta. Optisten sensoreiden avulla voidaan suorittaa kohdevalvontaa, koska näiden havaintoetäisyydet ovat merkittävästi heikommat verrattuna elektronisesti keilaaviin tutkiin. Näillä sensoreilla voidaan kuitenkin havainnoida sellaisia asioita mitä tutkalla ei välttämättä havaita. Vihollisen hävittäjistä voidaan muun muassa tuottaa optisten

sensoreiden avulla videokuvaa, jolloin ilma-aluksia voidaan tunnistaa visuaalisesti ohjaamon näytöiltä. Tutka- ja ohjusvaroitinjärjestelmien toiminnan perustana ovat tutkasignaalit tai havaitut infrapuna- tai ultraviolettisäteet. Näiden avulla ohjaajalle voidaan havainnoida ilma-alusten lähettämät tutkasignaalit sekä niitä kohti ammutut ohjukset. Sensori-integraation avulla toteutettu tutkan, optisten sensoreiden sekä tutka- ja ohjusvaroitimien yhteistoiminta luo hävittäjien ympärille havainnointikehän, jonka sisällä voidaan usean eri suureen avulla havaita kohteita.

Merkittävänä heikkoutena viidennen sukupolven hävittäjissä nousee esille tiedonsiirto datalinkkijärjestelmien avulla. Omien sensoreiden tuottamien havaintojen paikkatietoja voidaan lähettää muille samassa linkkiverkossa oleville jäsenille, mutta esimerkiksi SAR-kuvien tai suoran videokuvan lähetystä tämän hetken linkkiverkko ei tue. Tämän myötä tiedustelutietojen analysointi viivästyy, jos halutut tiedot päästään välittämään analysoitavaksi vasta ilma-aluksen tullessa laskuun. Tietoja on mahdollista analysoida myös ilmassa hävittäjäohjaajan toimesta, mikäli koulutus tukee tällaista toimintamallia.

Viidennen sukupolven hävittäjien ISR-kyvykkyyksien avulla voidaan suorittaa monien nykypäivän ISR-toimintaa suorittavien ilma-alusten tehtävät. Havainnointietäisyydet voivat olla pienempiä, koska sensorit ovat pienempiä niin kooltaan kuin tehojen puolesta. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida matalan havaittavuuden avulla, koska tällöin ilma-alus voi havainnoida kohteita pienempien etäisyyksien päästä tulematta uhatuksi. Viidennen sukupolven hävittäjien sisältämien sensoreiden avulla voidaan suorittaa tiedustelu, valvonta ja kohdevalvonta tehtäviä niin maan- ja vedenpinnalta kuin myös ilmasta. Tämän myötä yhdellä konetyypillä voidaan suorittaa sellaisia tehtäviä, johon ennen tai nykyään tarvittaisiin useita eri ilma-aluksia.

Viidennen sukupolven hävittäjät luovat ISR-toiminnasta joustavaa sekä dynaamista. Operaatioalueen eri toimijoita voidaan tarkkailla eri sensoreiden avulla automaattisesti ja näin ollen luoda itselle sekä muille tilannetietoisuutta, jonka avulla päätöksiä voidaan tehdä.

6.2 Skenaario

Hyökkäyksellinen operaatio

Hyökkäyksellisessä skenaariossa hävittäjämallilla oletetaan olevan mahdollisuus tunkeutua vihollisen toiminta-alueelle ja näin olleen suorittaa ISR-toimintaa rintamalinjan takana. Ennen tunkeutumista vihollisen alueelle, on kuitenkin hankittava luotettava tilannekuva asejärjestelmien sijainneista rintamalinjalla. Tämä on mahdollista suorittaa hävittäjämallin avulla, mutta tällöin aikajana pitenee operaation suorituksessa. Ilmatorjuntayksiköiden uhan ei oleteta ikinä poistuvan, koska vihollisen tilannekuvan katsotaan olevan omasta alueesta aina parempi. Vihollisen hävittäjien ei katsota tuottavan merkittävää uhkaa, koska generisen hävittäjämallin havaintoetäisyydet vihollisen ilma-aluksiin ovat korkeampia. Tämän myötä niitä voidaan aina välttää.

Tiedusteltavuus tutkalla ja optiikalla katsotaan olevan vihollisen toiminta-alueella hyvää tai mahdollista, koska havaintoetäisyydet mahdollisiin kohteisiin pienenevät. Lisäksi optisten sensoreiden avulla suoritettu autonominen havainnointi luo ISR-toiminnasta dynaamista, koska vihollisen suorittaman asevaikutuksen havainnointi erilaisiin kohteisiin on mahdollista.

Puolustuksellinen operaatio

Puolustuksellisessa operaatiossa pyritään havainnoimaan kohteita oman toiminta-alueen puolelta rintamalinjaa. Niin ilmatorjuntayksiköiden kuin hävittäjien aiheuttama uhka katsotaan olevan matala, koska voidaan toimia suuremmilta etäisyyksiltä vihollisen järjestelmistä. ISR-toiminnan tehokkuuden katsotaan samalla myös laskevan, koska havaintoetäisyydet koko toiminta-alueelle pienenevät. Tämän myötä voidaan tiedustella ja valvoa vain etulinjassa olevia vihollisen joukkoja.

Tutkan ja optisten sensoreiden tuottaman tiedustelun painopisteeseen on kuitenkin mahdollisuus vaikuttaa, jolloin erilaisten asevaikutuksien havainnointi on mahdollista. Tämän myötä olisi mahdollista antaa ennakkovaroituksia omille joukoille havaituista uhista.

Kehitystrendit ja heikot signaalit

Tutkittaessa eri ilma-alusjärjestelmiä on voitu havaita kehitystrendejä, jotka ovat ohjanneet tulevaisuuden polkuja. Yksi näistä kehitystrendeistä on sensori-integraatio. Vanhemmat hävittäjät ovat sisältäneet vain muutamia sensoreita, jotka ovat toimineet yksittäin ilma-aluksissa.

Lisäksi suuren kokoluokan tiedustelukoneet ovat suunniteltu periaatteessa vain yhtä tiedustelutehtävää varten, koska näillä ei ole ollut kykyjä muuhun järjestelmien puolesta. Viidennen sukupolven hävittäjiin on koottu useita eri sensoreita ja liitetty ne yhteen. Tämän myötä tiedustelu ja havainnointi laajemmalla skaalalla ovat mahdollisia nykyään ja tulevaisuudessa. Eri järjestelmien yhteensopivuus ja näiden luoma tilannekuva hävittäjäohjaajalle mahdollistavat toiminnan dynaamisen suorittamisen.

Tämän tutkimuksen perusteella yhdeksi heikoksi signaaliksi nousee tutkijan mielestä optisten sensoreiden tuoma mahdollisuus tiedusteluun. Näiden järjestelmien omaava potentiaali ISR-toimintaan on enneminkin mahdollisuus kuin uhka. Sensoreiden tuottama laajan spektrin tiedustelukyky on yksi asioista joka tukee teoriaa. Lisäksi järjestelmien passiivinen toiminta edesauttaa ISR-toiminnan suorittamista, koska tällöin kohde ei tiedä, että sitä tiedustellaan.

Yllätyksellisyys nousee tutkijan mielestä yhdeksi adjektiiviksi, jolla kuvata viidennen sukupolven hävittäjän ja skenaarion hävittäjämallin toimintaa. Matalan herätteen ja kattavan sensorijärjestelmän ansiosta voidaan ISR-toimintaa suorittaa eri paikoissa haluttuihin kohteisiin. Näiden tiedustelutietojen myötä viidennen sukupolven hävittäjä mahdollistaa OODA-ympyrän toiminnan nopeuden kasvattamisen, jolloin päätöksentekoprosessit voidaan aloittaa viiveettä.

6.3 Luotettavuus- ja virhetarkastelu

Tulevaisuutta arvioivan tutkimuksen tekemiseen liittyy aina epävarmuustekijöitä. Aineiston keruu pohjautui vahvasti länsimaisiin dokumentteihin, jolloin kattavan kokonaiskuvan muodostaminen osoittautui välillä hankalaksi. Aineiston analysointivaiheessa huomattiin, että erilaisten teknisten järjestelmien tiedot erosivat merkittävät erilaisten lähteiden myötä. Ilma-alusten järjestelmien osalta tukeuduttiin tämän myötä tässä tutkimuksessa luotettavaksi katsottuun Jane's Information Group internet- sivuston tietoihin. Tällöin eri järjestelmiä koskevat tiedot tulisivat samasta paikasta ja näin ollen olisivat samojen virhemarginaalien sisällä. Viidennen sukupolven hävittäjien sensorijärjestelmistä olevat kattavat tiedot ovat salaisia, joten niitä ei tässä tutkimuksessa päästy tarkastelemaan. ISR-toiminnan osalta tutkimuksessa tukeuduttiin vahvasti Yhdysvalloissa tehtyihin tutkimuksiin. Muiden maiden ISR-toiminnasta ei löytynyt tarkkaa tietoa tutkimusten muodossa.

Skenaarion rakentamisessa käytettiin valmista skenaariopohjaa, jota muokattiin hieman tarkemmaksi tutkijan toimesta. Koska skenaariossa tarkasteltiin geneerisen hävittäjämallin toimintaa, katsottiin tärkeäksi että muutkin skenaariossa olevat tiedot olisivat geneerisiä. Tämän myötä eri järjestelmiä ei nimetty millään tietyllä nimellä ja niiden vaikuttamis- tai havainnointitietäisyydet johdettiin taulukoiden malleista havainnollistaviksi.

Kokonaisuudessaan aihealueen nykytilasta olisi voitu saada kattavampi kokonaiskuva, jos olisi suoritettu haastatteluita aihealueeseen liittyen. Tämän myötä tutkijan kokonaiskäsitelmä ISR-toiminnasta ja viidennen sukupolven hävittäjistä olisi kasvanut, eikä jäänyt vain tutkimuksessa olevien lähteiden teoreettisen tarkastelun varaan.

Kaikki tutkimuksessa käytetyt lähteet ovat julkisia ja niihin tulee suhtautua aina varauksella. Tutkimuksen tarkoituksena ei kuitenkaan ole ollut esittää tarkkoja tietoja erilaisista havainnointitietäisyyksistä, vaan enneminkin luoda ymmärrys mahdollisista tulevaisuuden kyvykkyyksistä.

6.4 Jatkotutkimus

Tulevaisuutta ja eri asejärjestelmiä tarkastelevien tutkimusten toistaminen on tutkijan mielestä välttämätöntä. Teknologian kehittyminen ja uhkaympäristön muuttuminen vaikuttavat eri kehitystrendeihin ja uusiin heikkoihin signaaleihin. Tulevaisuuden kehityskulut saattavat vaihtaa suuntaansa yllättäen, jolloin tutkimuksen uusiminen olisi perusteltua suorittaa päivitettyillä tiedoilla. Tulevaisuuden tutkimusta suoritetaan Maanpuolustuskorkeakoulussa melko vähän. Tulevaisuustutkimusten uusiminen saattaisi näyttää suuntaa uusille kehitystrendeille verrattessa niitä edellisten tutkimuksien johtopäätöksiin ja oletuksiin.

Eri sensorijärjestelmien tarkempaa tutkimusta olisi myös tarpeellista suorittaa. Näin olisi mahdollista saada tarkkoja tietoja eri järjestelmien todellisista kyvyistä. Samalla ymmärrettäisiin paremmin uhkaympäristön järjestelmien kyvykkyyksiä. Lisäksi tiedonsiirtojärjestelmiä tulisi tutkia, jolloin ymmärrettäisiin kuinka nopeasti ja millaista tietoa eri ilma-aluksista on mahdollista siirtää analysointia varten.

Jatkotutkimus voisi käsitellä jonkin tietyn konetyypin toimintaa tarkoin määritellyssä uhkaympäristössä, joka olisi luotu viimeaikaisten konfliktien pohjalta.

LÄHTEET

1. JULKAISTUT LÄHTEET

1.1 Kirjallisuus

United States Air Force A2: AIR FORCE ISR 2023: DELIVERING DECISION ADVANTAGE, 2015

Huttunen Mika, Metteri Jussi: Ajatuksia operaatiotaidon ja taktiikan laadullisesta tutkimuksesta, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008

Hirsjärvi Sirkka, Remes Pirkko ja Sajavaara Paula: Tutki ja kirjoita, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 1997

Tuomi Jouni, Sarajärvi Anneli: Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Vantaa, 2013

Kamppinen Matti, Osmo Kuusi, Sari Söderlund: Tulevaisuudentutkimus, Perusteet ja sovellukset, Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 896, Kirjakas/Tallprint 2002

Osmo Kuusi, Timo Bergman, Hazel Salminen: Miten tutkimme tulevaisuuksia?, Tulevaisuuden tutkimuksen seura ry, Vammalan kirjapaino, Sastamala 2013

Hiltunen, Elina: Matkaopas tulevaisuuteen, Talentum, Helsinki, 2012

Mannermaa Mika: Heikoista signaaleista vahva tulevaisuus, WSOY, 2004

Mannermaa Mika: Tulevaisuuden hallinta - skenaariot strategiatyöskentelyssä, WSOY, Porvoo, 1999

Inayatullah Sohail, 'From Who Am I?' to 'When Am I?' Framing the shape and time of the future, Butterworth-Heinemann Ltd, 1993

Rekkedal Nils Marius: NYKYAIKAINEN SOTATAITO, Sotilaallinen voima muutoksessa, Edita Prima Oy, Helsinki 2006

Sun Tzu: Sodankäynnin taito, Tietosanoma Oy, Juva 1998

Kari Mikko, Hakala Arto, Pääkkönen Elisa, Pitkänen Markku: Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 osa 2 Puolustusjärjestelmien kehitys, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008

Kosola Jyri, Solante Tero: Digitaalinen taistelukenttä, Informaatioajan sotakoneen tekniikka, Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Edita Prima Oy, Helsinki 2003

Kari Mikko, Hakala Arto, Pääkkönen Elisa, Pitkänen Markku: Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 osa 1 Teknologian kehitys, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, Edita Prima Oy, Helsinki, 2008

1.2 Muut julkaistut lähteet

Puolustusministeriö: HX-HÄVITTÄJÄHANKE,
http://www.defmin.fi/puolustushallinto/strategiset_suorituskykyhankkeet/havittajahanke_h,

Rubin, Anita: Topi, Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit, Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto, <http://www.tulevaisuus.fi/topi/>, 1.8.2017

United States Air Force: Global Integrated Intelligence, Surveillance, & Reconnaissance Operations, Air Force Doctrine Document 2-0, 6 January 2012

U.S. AIR FORCE: Air Force Distributed Common Ground System, 13.10.2015,
<http://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104525/air-force-distributed-common-ground-system/>

Royal Canadian Air Force: Aerospace Sense Doctrine, Commander 2 Canadian Air Division / Air Force Doctrine and Training Division, Winnipeg, Manitoba, August 2012

<http://wotlabs.net/articles/decision-processing-the-ooda-loop/>,

The United States Intelligence Community, Intelligence Careers: How Intelligence Works,
<https://www.intelligencecareers.gov/icintelligence.html>

United States Air Force: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Operations, Air Force Doctrine Document 2-9, 17 July 2007

Puolustusministeriö: Ehdotus sotilastiedustelua koskevaksi lainsäädännöksi. Työryhmän mietintö, Puolustusministeriö, 2017,

http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79757/PLM_Ehdotus%20sotilastiedustelua%20koskevaksi%20lainsaadannoksi.pdf?sequence=1,

<https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-a-conventional-Radar-and-the-SAR>

https://www.globalsecurity.org/intell/systems/rivet_joint.htm,

<https://www.janes.ihs.com>

Hunt Edward: Analysis: Expectations for deployment of fifth-generation fighters, Air Platforms, 2014, <http://www.janes.com/article/43616/analysis-expectations-for-deployment-of-fifth-generation-fighters>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-22_Raptor_edit1_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-22_Raptor_edit1_(cropped).jpg)

Lockheed Martin: AN/AAR-56 Missile Launch Detector (MLD):

<https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed/data/mfc/pc/missile-launch-detector-mld/mfc-mld-pc.pdf>,

<https://www.f35.com>

<http://www.northropgrumman.com/Capabilities/ANAAQ37F35/Pages/default.aspx>

<https://www.airforce-technology.com/projects/u2/>

<https://www.flightglobal.com/news/articles/lockheed-prepping-advanced-eots-and-legion-pod-for-f-422810/>

<https://www.defensenews.com/air/2017/08/23/northrops-fix-for-f-35-and-f-22-communications-problems-involves-global-hawk-uavs/>

BAE Systems: <https://www.baesystems.com/en-us/product/an-asq-239-f-35-ew-countermeasure-system>,

The F-35 and Advanced Sensor Fusion: <http://www.sldinfo.com/whitepapers/the-f-35-and-advanced-sensor-fusion/>

The National Interest: <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/russias-pak-fa-stealth-fighter-takes-another-step-forward-20275>,

1.3 Artikkelit

Major Morton Tyler: Manned Airborne Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance, Air & Space Power Journal, November-December 2012

Lt Col Shaw Wayne L. III: Air Land Sea Bulletin, Air Land Sea Application Center, Langley, 2007

Sallinen Anu: Sotilasaikakausilehti 6-7 2017, AO-Paino, Mikkeli, 2017

Col. Mike Shorsleeve: Air Force ISR Reach Back Distributed Common Ground Systems, 497th Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Group

NATO Communications and Information Agency: Joint Intelligence, Surveillance & Reconnaissance (JISR) in NATO, 19.09.09

Intelligence.gov, "A Dynamic Process Fueling Dynamic Solutions," Office of Director of National Intelligence, <http://www.intelligence.gov/about-the-intelligencecommunity/how-intelligence-works/>

Richard J. Dunn III, Price T. Bingham, Charles A. "Bert" Fowler, Ground Moving Target Indicator Radar, Analysis Center Papers, Northrop Grumman, 2004

Valpolini, Paolo: ISR in Afganistan - SR Easier than I, Armada INTERNATIONAL, 2/2010

The National Academic Press: Capability Planning and Analysis to Optimize Air Force Intelligence, Surveillance, And Reconnaissance Investments, Washington D.C, 2012

Richardson Doug: PAK FA - Russia's Next Generation Fighter, The Journal of Electronic Defense, 2016

<http://defense-and-freedom.blogspot.fi/2010/02/eerie-radar-technology.html>

Dr Kopp Carlo: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance during Operation Iraqi Freedom, Defence Today Magazine, June 2004

Majumdar Dave: America's F-23 Stealth Fighter vs. the Lethal F-22 Raptor: Who Wins?, The National Interest, 2015, <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/americas-f-23-stealth-fighter-vs-the-lethal-f-22-raptor-who-14461>

Kopp Carlo, Goon Peter: Assessing the Sukhoi PAK-FA, <http://www.ausairpower.net/APA-2010-01.html>

Moore, S: UK Airborne AESA Radar Research, IEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol 25 issue 2, 2010

Jensen David, F-35 Integrated Sensor Suite: Lethal Combination, <http://www.aviationtoday.com/2005/10/01/f-35-integrated-sensor-suite-lethal-combination/>

Jensen David: Radar Transmitting Data, Avionics Today, 2006, <http://www.aviationtoday.com/2006/08/01/radar-transmitting-data/>,

1.4 Tutkimukset ja opinnäytteet

Stephen C. Price Jr.: Close ISR support re-organizing the Combined Forces Air Component Commander's Intelligence, Surveillance and Reconnaissance processes and agencies, Naval Postgraduate school, Monterey, California, December, 2009

Major General Harrigian Jeff ja Colonel Max Marosko: Maintaining the Joint Force Advantage, Mitchell Institute for Aerospace Studies Journal, No. 6, Heinäkuu, 2016

Lt Col Frederick E. Bush III: Evolving Intelligence, Surveillance & Reconnaissance (ISR), Air University, Air War College, Maxwell AFB, 2013

Chizek Judy G.: Military Transformation: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, Report for Congress, 2002

Kapteeni Lammi Markus: OSINT-menetelmät ja strateginen tiedustelu, Yleisesikuntaupseerikurssi 58, Maan puolustuskorkeakoulu, 2017

National Research Council of the National Academies: C4ISR FOR FUTURE NAVAL STRIKE GROUPS, The National Academies Press, Washinton D.C., 2006

Lieutenant Commander Carl M. Bradley: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance in support of Operation Iraqi Freedom: Challenges for Rapid Maneuvers and Joint C4ISR integration and interoperability, Naval War College, Newport, R.I., 2004

Myron Hura, Gary McLeod, Eric V. Larson, James Schneider, Dan Gonzales, Daniel M. Norton, Jody Jacobs, Kevin M O'Connell, William Little, Richard Mesic, Lewis Jamison: A Continuing Challenge in Coalition Air Operations, RAND Corporation,

Captain KW Bucklew: Non-Traditional Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance: A Challenge to USMC Fixed Wing Tactical Aircraft, 2009

Maj. Gen. Jeff Harrigan and Col. Max Marosko: Fifth Generation Air Combat: Maintaining the Joint Force Advantage, Mitchell Institute for Aerospace Studies, The Mitchell Forum

Moir Ian and Seabridge Allan: Military Avionics Systems, John Wiley & Sons, Ltd, 2006

Insinöörikapteeni Passoja Kalle: Tilannekuvan muodostaminen seuraavan sukupolven hävittäjissä, Maanpuolustuskorkeakoulu, 2011

Duncan Long, Terrence K. Kelly, David C. Gompert; Smarter Power, Stronger Partners, Volume II, Trends in Force Projection Against Potential Adversaries, Rand Corporation, Santa Monica, California, 2017

LIITTEET

- LIITE 1 Skenaariomenetelmä²³²
 LIITE 2 E-8 JSTARS²³³
 LIITE 3 E-3 AWACS²³⁴
 LIITE 4 RC-135²³⁵
 LIITE 5 U-2 Dragon Lady²³⁶
 LIITE 6 RQ-4 Global hawk²³⁷
 LIITE 7 F/A-18 C/D Hornet²³⁸
 LIITE 8 F/A-18 E/F Super Hornet²³⁹
 LIITE 9 Rafale²⁴⁰
 LIITE 10 Eurofighter Typhoon²⁴¹
 LIITE 11 JAS-39 Gripen²⁴²
 LIITE 12 Range vs Target RCS²⁴³
 LIITE 13 X-band detection range²⁴⁴
 LIITE 14 Skenaarion toimintaympäristö

²³² Rubin (2017), skenaariotyöskentelyn vaiheet, Kuva 1.

²³³ [https://cdn.globalaircraft.org/media/img/planes/lowres/e-8_2.jpg], Kuopio, viitattu, 15.2.2018.

²³⁴ [http://www.military-today.com/aircraft/boeing_e3_sentry.htm], Kuopio, viitattu 15.2.2018.

²³⁵ [<http://www.globalaviationresource.com/v2/2013/11/12/news-the-raf-receives-its-first-rc-135-rivet-joint/>], Kuopio, viitattu, 15.2.2018.

²³⁶ [<https://www.airforce-technology.com/projects/u2/>], Kuopio, viitattu 20.3.2018.

²³⁷ [<http://www.militaryaerospace.com/articles/2014/10/global-hawk-security.html>], Kuopio, viitattu 20.3.2018.

²³⁸ [<https://www.defensenews.com/home/2015/06/11/military-finland-to-replace-hornet-jets-by-2030/>], Kuopio, viitattu, 20.3.2018.

²³⁹ [<https://breakingdefense.com/2017/04/boeings-block-iii-super-hornet-high-end-complement-to-f-35-stackley/>], Kuopio, viitattu, 20.3.2018.

²⁴⁰ [<https://www.dassault-aviation.com/en/defense/rafale/introduction/>], Kuopio, viitattu, 20.3.2018

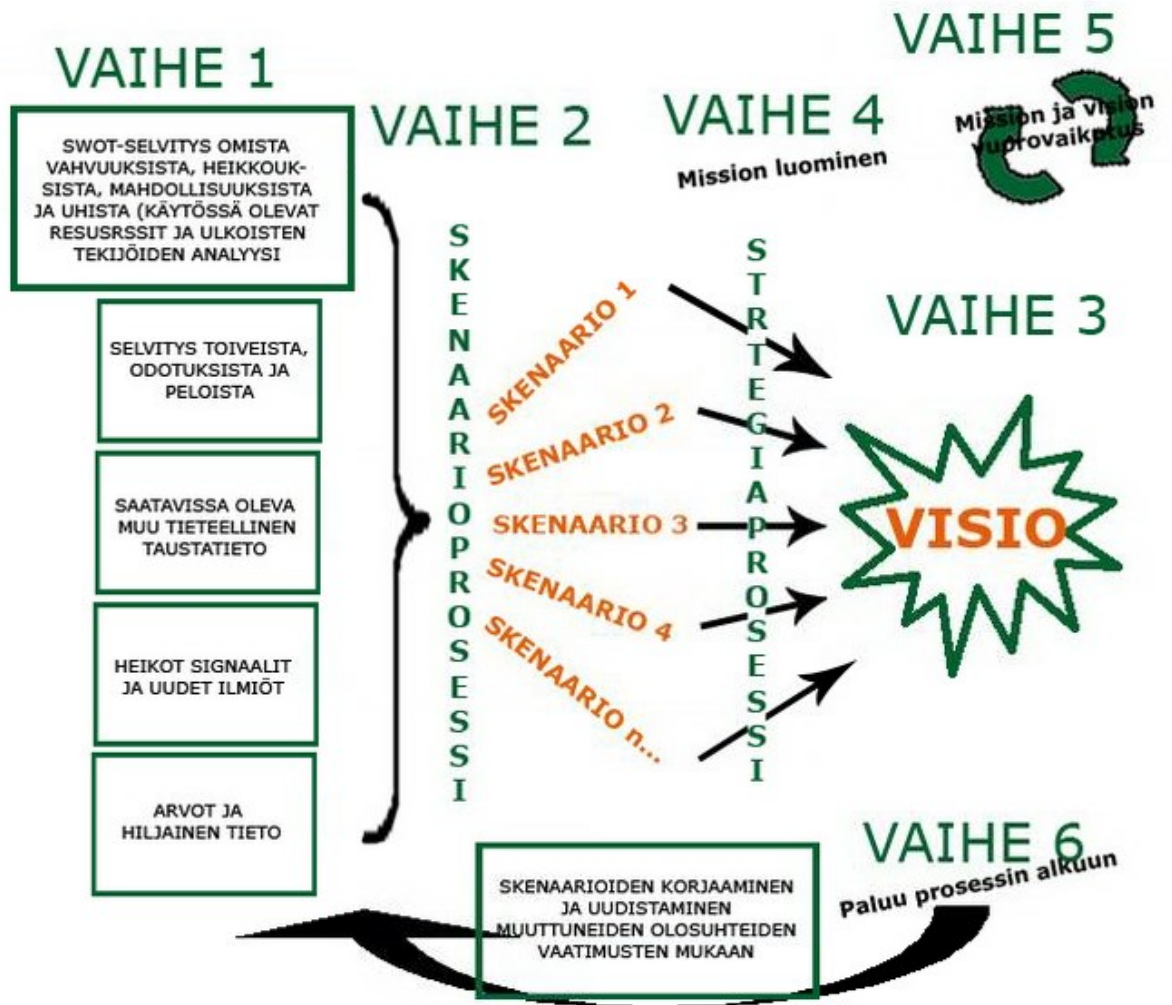
²⁴¹ [<http://www.leonardocompany.com/en/-/eurofighter-typhoon>], Kuopio, viitattu, 20.3.2018

²⁴² [<http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/the-jas-39-gripen-sweedens-cheap-deadly-fighter-plane-13928/>], Kuopio, viitattu, 20.3.2018

²⁴³ [<http://www.ausairpower.net/DT-SuperBug-vs-Flanker.html>], Kuopio, viitattu, 5.2.2018.

²⁴⁴ [<http://www.ausairpower.net/APA-Engagement-Fire-Control.html>], Kuopio, viitattu, 5.2.2018.

Liite 1



Liite 2



Liite 3



Liite 4



Liite 5



Liite 6



Liite 7



Liite 8



Liite 9



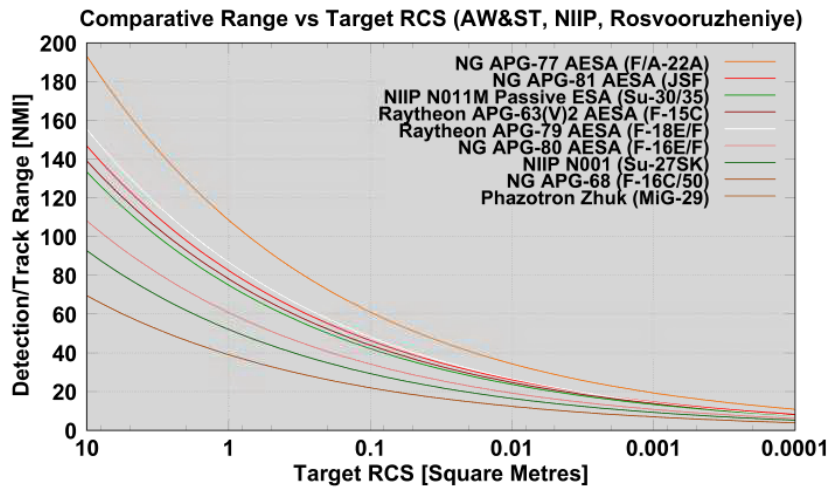
Liite 10



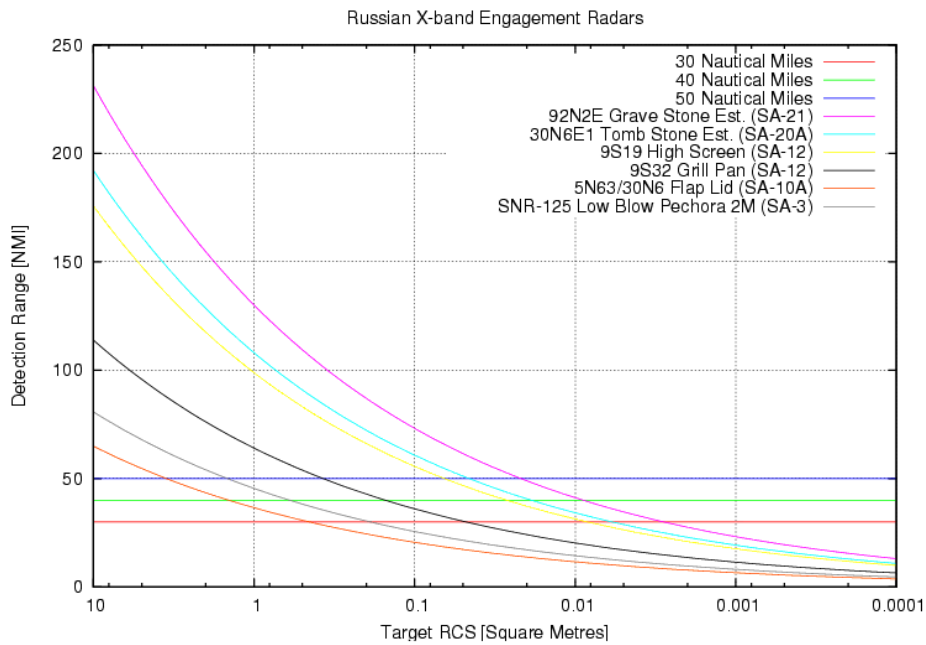
Liite 11



Liite 12



Liite 13



Liite 14

