

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN KÄYTTÖ IRAKIN SODASSA
VUOSINA 2003–2011**

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Martti Mertanen

99. Kadettikurssi
Maasotalinja

Maaliskuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi 99. Kadettikurssi	Linja Maasotalinja
Tekijä Kadetti Martti Johannes Mertanen	
Tutkielman nimi Miehittämättömien lentolaitteiden käyttö Irakin sodassa vuosina 2003–2011	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 21 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ <p>Yhdysvaltojen asevoimat ovat käyttäneet miehittämättömiä lentolaitteita Irakin sodan alusta lähtien. Tutkimuksessa selvitetään, miten ScanEagle, RQ-11 Raven ja MQ-9 Reaper -mallisten miehittämättömien lentolaitteiden teknisiä ominaisuuksia hyödynnettiin Irakin sodassa. Kyseisiä lentolaitemalleja ei ole tutkittu tarkasti aiemmissä tutkimuksissa, minkä takia lentolaitemallit on rajattu tutkielmassa kyseisiin kolmeen malliin. Tutkimuksessa Irakin sotaa tarkastellaan ajanjaksolla 2003–2011. Irakin sota ei ole tutkielman keskiössä, vaan Irakin sotaa sovelletaan tutkimuskenttänä lentolaitteiden tiedustelu- ja tulenkäyttötehtäviä tarkasteltaessa. Tutkimusaihe perustuu sotatekniikan laitoksen ehdottamaan aiheeseen, josta on tehty runsaasti aihetta sivuavia tutkimuksia. Aiemmat tutkimukset ovat vaikuttaneet merkittävästi aiheen rajaukseen erityisesti lentolaitemallien osalta. Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisuustutkimusta. Tutkielman lähdemateriaali on pääosin englanninkielistä.</p> <p>Tutkimuksessa selvitetään ScanEaglen, RQ-11 Ravenin ja MQ-9 Reaperin tekniset ominaisuudet. Kyseiset miehittämättömät lentolaitteet on suunniteltu erilaisiin taistelutehtäviin, joten niiden teknisiä ominaisuuksia ei verrata keskenään. ScanEagle ja RQ-11 Raven on suunniteltu tiedustelutehtäviin, MQ-9 Reaper puolestaan sekä tiedustelu- että tulenkäyttötehtäviin. Ominaisuuksia havainnollistetaan erilaisilla kuvilla ja taulukoilla.</p> <p>Kunkin kolmen UAV-mallin teknisten ominaisuuksien hyödyntämisen selvittämiseksi tutkimuksessa tarkastellaan lentolaitteiden käyttöä tiedustelu- ja tulenkäyttötehtävissä. Tiedustelutehtäviä tarkasteltaessa teknisten ominaisuuksien keskiössä on sensoritekniikka. Tulenkäyttötehtävissä tarkastelu kohdistuu puolestaan Reaperin asejärjestelmäteknikkaan, Hellfire-ohjuksiin ja GBU-sarjan pommeihin. Lisäksi tutkielmassa selvitetään haasteet ja epäonnistumiset, joita lentolaitteiden käytössä on Irakin sodassa ilmennyt. Teknisten ominaisuuksien hyödyntämistä edellä mainituissa taistelutehtävissä tarkastellaan pääasiassa lentolaitteiden käyttäjien kokemuksiin perustuen.</p> <p>Kaikissa tutkielman UAV-malleissa on erilaiset tekniset ominaisuudet, sillä ne on suunniteltu hieman eri käyttötarkoituksiin. ScanEaglen, Ravenin ja Reaperin teknisiä ominaisuuksia on onnistuttu hyödyntämään tiedustelu- ja tulenkäyttötehtävissä. ScanEagle ja Raven ovat olleet tehokkaita tiedustelutehtävissä sensoritekniikkansa ansiosta. Laitteilla on onnistuttu havaitsemaan vihollisen tärkeitä kohteita ja välittämään näin ollen tilannekuvaa esimerkiksi maassa toimiville joukoille. MQ-9 Reaperilla on puolestaan onnistuttu paikantamaan ja tunnistamaan haluttu kohde sekä tuhoamaan se käyttäen Reaperin asejärjestelmiä. Miehittämättömien lentolaitteiden teknisiä haasteita ovat olleet esimerkiksi häiriöt erilaisen hyötykuormien käytössä, liian heikko rakenne haastavissa olosuhteissa ja sensoreilla tunnistamisen haasteet.</p>	
AVAINSANAT Miehittämätön lentolaite, UAV, Irakin sota, ScanEagle, RQ-11 Raven, MQ-9 Reaper	

AKRONYYMILISTA

AIS	Automated Identification System, tunnistusjärjestelmä
CCD	Charge Coupled Device, rivi- tai matriisi-ilmaisim
CoT	Cursor on Target
EO	Electro-optical, elektro-optinen
ERAS	Expeditionary Reconnaissance and Attack Squadron
ESM	Electronic Surveillance Measures, elektronisen tiedustelun toimenpiteet
GBU	Guided Bomb Unit, ohjautuva/ohjattava pommi
GCS	Ground Control Station, maatukiasema
GCU	Ground Control Unit, maanpinnalla sijaitseva ohjauslaite
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
GS	Ground Station, maatukiasema
IED	Improvised Explosive Device
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, tiedustelu
JDAM	Joint Direct Attack Munition, pommien ohjausyksikkö
MWIR	Midwave Infrared, infrapuna-aallonpituusalueen osa
SAR	Synthetic Aperture Radar, synteettisen apertuurin tutka
SIGINT	Signal Intelligence, signaalitiedustelu
SR	Surveillance and Reconnaissance, tiedustelu
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, miehittämätön lentolaite
UAS	Unmanned Aerial System, miehittämätön lentolaite
USAF	United States Air Force, Yhdysvaltojen ilmavoimat
VBIED	Vehicle-Borne Improvised Explosive Device

MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN KÄYTTÖ IRAKIN SODASSA VUOSINA 2003–2011

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Tutkimuksen tausta ja aihealueen esittely	1
1.2.	Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset.....	2
1.3.	Tutkimusmenetelmä ja tutkimuksen rajaus.....	3
2.	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN TEKNISET OMINAISUUDET ...	4
2.1.	ScanEagle	4
2.2.	RQ-11 Raven.....	6
2.3.	MQ-9 Reaper.....	8
2.4.	Yhteenveto teknisistä ominaisuuksista	11
3.	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN TEKNISTEN OMINAISUUKSIEN HYÖDYNTÄMINEN IRAKIN SODASSA	12
3.1.	Tiedustelutehtävät	12
3.2.	Tulenkäyttötehtävät.....	16
3.3.	Haasteet ja epäonnistumiset	17
4.	JOHTOPÄÄTÖKSET	19
4.1.	Tekniset ominaisuudet	19
4.2.	Teknisten ominaisuuksien hyödyntäminen ja haasteet	20
4.3.	Jatkotutkimusaiheet.....	21

MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN KÄYTTÖ IRAKIN SODASSA VUOSINA 2003–2011

1. JOHDANTO

Miehittämättömien lentolaitteiden historian Yhdysvaltojen asevoimissa katsotaan alkaneen vuonna 1939, jolloin Reg Denny toimitti 50 kappaletta OQ-1-mallista miehittämättömää lentolaitetta Yhdysvaltojen ilmavoimille [1, s. 10]. Vuonna 2010 kenraalimajuri James O. Barclayn mukaan Yhdysvaltojen asevoimilla oli käytössä jo enemmän kuin 328 erimallista UAV:tä (Unmanned Aerial Vehicle), jotka olivat tukeneet taisteluoperaatioita yli miljoona tuntia [2, s. 1]. Miehittämättömien lentolaitteiden määrä on siis lisääntynyt taistelukentällä huomattavasti.

Lentolaitteita käytetään esimerkiksi tiedusteluun, tilannekuvan luomiseen, johtamisen apuvälineenä ja erilaisiin hyökkäystehtäviin [2, s. 2-3]. Irakin sota nosti miehittämättömien lentolaitteiden merkitystä sodankäynnissä kyseisissä tehtävissä, ja lentolaitteet ovat osoittaneet olevansa tärkeä osa sotilaallista voimaa [3, s. 7]. Irakin sodan alkupuolella erilaisia UAV:ita oli käytössä noin 90 kappaletta. Yhdysvallat arvioi, että vuoteen 2010 mennessä niiden määrä kasvaisi noin 350:een [4, s. 202]. Pelkästään Irakin sodan aikana UAV:t kehittyivät merkittävästi, minkä takia juuri Irakin sodassa käytettyjen miehittämättömien lentolaitteiden tarkastelu on ajankohtaista ja tärkeää.

1.1. Tutkimuksen tausta ja aihealueen esittely

Miehittämättömien lentolaitteiden kehityksen johdosta aihe on ajankohtainen nykyajan sodankäynnissä. UAV:t ovat osoittautuneet muun muassa Kosovon, Irakin ja Afganistanin sodissa ainakin seuraavissa asioissa paremmiksi kuin miehitetyt lentokoneet: ne ovat kustannustehokkaampia ja niillä minimoidaan pilottien henkilöstötappioita [5, s. 1]. Tästä syystä miehittämättömiä lentolaitteita todennäköisesti käytetään jatkossakin tulevaisuuden sodankäynnissä.

Tutkimusaihe perustuu sotatekniikan laitoksen ehdottamaan aiheeseen, josta tarkalleen samantapaista tutkimusta ei ole tehty. Sivuvavia tutkimuksia miehittämättömistä lentolaitteista ja niiden käytöstä Irakin sodassa on tehty aiemmin. Aiemmat tutkimusaiheet ovat vaikuttaneet tämän tutkimuksen rajauksiin merkittävästi.

Sivuavat tutkimukset ovat tuottaneet monipuolisesti tietoa erityisesti taktiikan näkökulmasta miehittämättömien lentolaitteiden historiasta ja tulevaisuudesta. Sami Puuperän esiupseerikurssin tutkielma *Miehittämätön taisteluilma-alus UCAV, teknologiakatsaus* tutkii miehittämättömien taisteluilma-alusten teknisiä ominaisuuksia, eritoten niiden ilma-alusten, jotka poikkeavat niin sanotusti normaaleista miehittämättömistä ilma-aluksista. Jari Kanasen pro gradu -tutkielma *Miehittämättömät ilma-alukset, niiden kehitys sekä käyttö viimeaikaisissa sodissa* puolestaan keskittyy eri UAV-mallien ja niiden käyttöperiaatteiden analysointiin taktisesta näkökulmasta.

Juha Ikosen kandidaatintutkielma *Miehittämättömän ilma-aluksen hyödyt ja haitat operaatio Enduring Freedomissa* tuo esille kahden miehittämättömän lentolaitemallin käyttöperiaatteet operaatio Enduring Freedomissa, jälleen taktisen näkökulman pohjalta. Olli Selanderin kandidaatintutkielma *Aseistettujen UAV:iden käyttö Afganistanin sodassa* on myös taktiikan laitokselle tehty tutkimus, jossa käsitellään myös kahta UAV-mallia valitussa taisteluympäristössä.

Petteri Kairisen kandidaatintutkielmassa *UAV:n käyttö operaation Iraqi Freedom aikana John Wardenin kehäteorian näkökulmasta* keskitytään havainnoimaan UAV:iden suorittamia lentotehtäviä operaation aikana John Wardenin kehäteorian näkökulmasta. Työ on tehty johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitokselle.

Elisa Vilhusen kandidaatintutkielma *Miehittämättömien ilma-alusten tekninen kehitys 1990-luvulta nykypäivään* on harvoja sotatekniikan laitokselle tehtyjä tutkimuksia, jossa keskitytään Yhdysvaltain asevoimien miehittämättömien ilma-alusten tekniseen kehitykseen. Kaikki edellä mainitut tutkimukset ovat luettavissa Doria -julkaisuarkistosta. [6]

1.2. Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa selvitetään, miten kolmen erimallisen miehittämättömän lentolaitteen teknisiä ominaisuuksia käytettiin Irakin sodassa vuosina 2003–2011.

Tutkimuksen pääkysymys on:

- Miten ScanEagle, RQ-11 Raven ja MQ-9 Reaper -mallisten miehittämättömien lentolaitteiden teknisiä ominaisuuksia hyödynnettiin Irakin sodassa?

Tutkimuksen alakysymykset ovat:

- Mitä teknisiä ominaisuuksia ScanEagle, RQ-11 Raven ja MQ-9 Reaper -mallisissa miehittämättömissä lentolaitteissa on?

- Miten miehittämättömien lentolaitteiden tekniset ominaisuudet palvelivat Yhdysvaltojen asevoimia tiedustelu- ja tulenkäyttötehtävissä?
- Mitä haasteita miehittämättömien lentolaitteiden teknisissä ominaisuuksissa havaittiin?

1.3. Tutkimusmenetelmä ja tutkimuksen rajaus

Tutkimusmenetelmä tutkimuksessa on kirjallisuustutkimus. Kirjallisuustutkimuksessa tutkimuksen pohjana käytetään aikaisemmin tuotettua tietoa, jota etsitään, analysoidaan ja luokitellaan [7, s. 42]. Monet uudet tutkimushankkeet aloitetaan kirjallisuustutkimuksella, jossa aihealueesta aikaisemmin kirjoitettua tietoa kartoitetaan ja analysoidaan [8, s. 2]. Kirjallisuustutkimuksessa lähteiden määrä tulee olla riittävä ja lähteiden on oltava ajantasaisia [7, s. 42]. Tutkimuksessa on käytetty lähteinä kirjallisuutta, lehtiartikkeleita, aikaisempia tutkimuksia ja erilaisia Internet-lähteitä. Lähteet ovat pääasiallisesti ulkomaisia lähteitä, joista suurin osa on englanninkielisiä.

Tutkimusmenetelmän tarkoituksena on jäsentää valittu, olennainen tieto aiheesta käyttäen monipuolista lähdeaineistoa. Kirjallisuustutkimuksen päämäärä on vastata valittuun tutkimusongelmaan, tutkimuksen pääkysymykseen ja sen alakysymyksiin. Omia päätelmiä tutkimustuloksista pohjustetaan kyseisten tutkimusmenetelmien avulla käsiteltyyn laajaan lähdemateriaaliin.

Tutkimuksessa keskitytään kolmeen erimalliseen UAV-lentolaitteeseen: ScanEagle, RQ-11 Raven ja MQ-9 Reaper. Muita UAV-malleja saatetaan sivuta verrattaessa kyseisten mallien teknistä suorituskykyä esimerkiksi aikaisempiin tai samankaltaisiin malleihin, mutta ne eivät ole tutkimuksen pääkohteena. Tutkimuksessa Irakin sota ei ole tutkimuksen keskiössä, vaan Irakin sotaa sovelletaan tutkimuskenttänä valittujen lennokkien tiedustelu- ja tulenkäyttötehtäviä tarkasteltaessa. Irakin sota rajataan vuosiin 2003–2011, koska aiemmat Irakin sotaa koskevat tutkimukset käsittelevät lähinnä vuotta 2003 tai sitä edeltävää aikaa.

2. MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN TEKNISET OMINAISUUDET

Tässä asialuvussa selvitetään kolmen eri miehittämättömän lentolaitemallin tekniset ominaisuudet. Teknisiksi ominaisuuksiksi luokitellaan tässä tutkimuksessa laitteen tekniset mitat (pituus, leveys, korkeus, siipien kärkiväli), lentolaitteen ja sen lisävarusteiden paino, moottorityyppi, erilaiset lisävarusteet liittyen optiikkaan, sensoreihin, aseistukseen, lentoon lähtemiseen ja lennolta laskeutumiseen sekä lentolaitteen ohjaustekniikka. Myös teknisillä ominaisuuksilla saavutetut suorituskyvyt, kuten maksimilentoaika, -nopeus, -kantama, -korkeus ja lentonopeus luokitellaan osaksi laitteen teknisiä ominaisuuksia. Jokaisen kappaleen lopussa on yhteenvetotaulukko laitteiden teknisistä ominaisuuksista.

2.1. ScanEagle

ScanEagle on Insitu Group:n ja Boeing-yrityksen valmistama UAV, joka on luokiteltu Yhdysvaltojen Department of Defencen mukaan kuuluvaksi Small UAS -kategoriaan (Unmanned Aerial System) [9, s. 28]. ScanEaglen valmistusprojekti aloitettiin helmikuussa 2002 Insitu Group:n ja Boeing-yrityksen yhteistyöllä. Kyseinen UAV otettiin Yhdysvaltojen merijalkaväen käyttöön Irakin sodassa vuonna 2004. [1, s. 98; 5, s. 45]

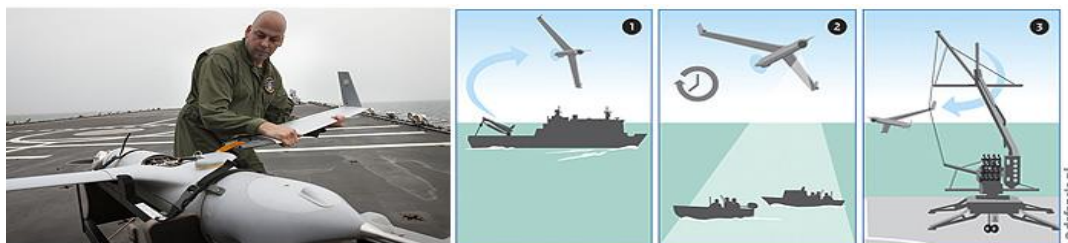
Yleisesti lentolaitetta käytetään Yhdysvaltojen asevoimien toimesta taktisella tasolla ISR-tehtäviin (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) [5, s. 45]. Sitä on myös käytetty siviilitehtävissä, kuten valaiden muuttoliikkeiden määrittämisessä ja rannikkovartioston eri tehtävissä [5, s. 46; 10, s. 26].

ScanEagle on sen etuosaan kiinnitettävästä, eri sensoreilla varustetusta kiinnikkeestä riippuen (EO dome tai EO900/MWIR dome) 1,55 metriä tai 1,71 metriä pitkä UAV. Sen siipien kärkiväli on 3,11 metriä. Painoa lentolaitteella on valmistajan mukaan ilman lisävarusteita 14 kilogrammasta 18 kilogrammaan. Maksimipaino lisävarusteilla saa olla enintään 3,4 kg. ScanEagle ei pysty nousemaan lentoon, mikäli sen kokonaispaino ylittää 22 kg. [11, s. 3]

ScanEagle on bensiinimoottorilla toimiva UAV, joka pystyy suorittamaan yhtäjaksoisesti ilman tankkausta yli 24 tunnin lennon. Suurin horisontaalinen nopeus lentolaitteella on 41,2 m/s, mutta normaali lentonopeus operaatioissa on 25,7–30,9 m/s. [11, s. 3] ScanEagle pystyy suorittamaan yli 111 km lentomatkoja ja se pystyy nousemaan 5944 metrin korkeuteen [1, s. 154; 5, s. 45].

Lentolaitteessa voidaan käyttää kahta erimallista elektro-optista kameraa (EO tai EO900), MWIR-infrapunakameraa (Electro-optical, Midwave Infrared) tai yhdistelmäkameraa, jossa on sekä elektro-optinen kamera että infrapunakamera [11, s. 3]. Elektro-optinen kamera pystyy tuottamaan reaaliaikaista, värillistä videomateriaalia ja se kykenee 25:1 optiseen zoomaukseen. Infrapunakamera on malliltaan jäähdyttämätön ja se kykenee tuottamaan 30 kuvaa sekunnissa. [12, s. 7] ScanEaglessä voidaan käyttää myös kahta erilaista datalinkkiä: analogista videodatalinkkiä ja C2 datalinkkiä [11, s. 3]. Analogista videota tuotetaan 2,4 GHz taajuuksella [12, s. 10]. Datalinkkeihin on myös sisällytetty CoT-toiminto (Cursor on Target), joka mahdollistaa laitteen ohjaamisen useilla eri ohjausjärjestelmillä [9, s. 28].

ScanEagle lähetetään lentoon pneumaattisella, katapulttimaisella lavetilla, jota voidaan käyttää esimerkiksi laivan kannella tai erilaisissa haastavissa olosuhteissa [9, s. 28]. Sen lähettämiseen ei siis tarvita erillistä kiitotietä [1, s. 97]. Kyseinen UAV ei laskeudu maahan samalla tavalla kuin muut lentoalukset, jotka saattavat käyttää erillistä kiitotietä tai jotka otetaan vastaan laitteiden kiinniottoon tarkoitetuilla verkoilla. ScanEagle vastaanotetaan ilmast SkyHook-laitteella, jonka elastinen köysi viritetään ilmaan, mihin lentolaitteen siiven kärjessä oleva koukku tarttuu kiinni. Sen jälkeen lentolaite lasketaan maanpinnalle tai aluksen kannelle esimerkiksi huoltoa varten. ScanEaglen lentoon lähettäminen ja ilmast vastaanottaminen esitetään kuvassa 1. [1, s. 97; 10, s. 26]



Kuva 1. ScanEagle lähetetään lavetilla lentoon, suorittaa lennon ja palautetaan aluksen kannelle SkyHook-laitteella [13]

UAV:tä ohjataan maastuokiasemalta (Ground Station), jossa voidaan suunnitella lentolaitteelle tehtäviä ennen varsinaista lentoa tai sen aikana. ScanEaglen sensorit voidaan maastuokiasemalta ohjelmoida toimimaan automaattisesti tai vaihtoehtoisesti ohjata niiden toimintaa manuaalisesti. Maastuokiasemalle vastaanotetaan sensoreista saatu videomateriaali tai muu kuvamateriaali ja ne pystytään lähettämään sieltä eteenpäin tietoa tarvitseville osapuolille. Dataformaateina ovat mm. video mukaan lukien sen metadata, valokuvat ja Cursor-on-target (CoT). [12, s. 9] Kappaleessa esitetyt ominaisuudet esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. ScanEaglen teknisten ominaisuuksien yhteenvetotaulukko. Tummennettuja ominaisuuksia tarkastellaan tarkemmin luvussa 3.1 [1, s. 154; 5, s. 45; 9, s. 28; 10, s. 26; 11, s. 3; 12, s. 9]

	ScanEagle
Valmistaja	Insitu Group/Boeing
Pituus (m)	1,55/1,71
Siipien kärkiväli (m)	3,11
Paino (kg)	14-18
Lisävarusteiden maksimipaino (kg)	3,4
Moottori	Bensiini
Lentoaika (max, h)	24
Maksiminopeus (m/s)	41,2
Normaali käyttönopeus (m/s)	25,7-30,9
Maksimikantama (km)	111
Maksimikorkeus (m)	5944
EO-kamera	EO/EO900
Infrapunakamera	MWIR
Lentoon lähteminen	Lavetilla
Vastaanottaminen lennolta	SkyHook-laite
Ohjaus	Maatukiasema

2.2. RQ-11 Raven

RQ-11 Raven on AeroVironment-valmistajan kehittämä miehittämätön lentolaite, joka on kategorisoitu Yhdysvaltojen Department of Defencen mukaan kuuluvaksi mini-UAV-luokkaan [9, s. 26]. RQ-11 Raven -UAV:stä on valmistettu seuraavat mallit: RQ-11A Raven A (ei enää tuotannossa) ja RQ-11B Raven B [14]. Raven suoritti ensilentonsa lokakuussa 2001 [15]. Sitä käytetään Yhdysvaltojen asevoimissa maa-, meri- ja ilmavoimien sekä merijalkaväen eri tehtävissä. Raven on saavuttanut suosiota myös muiden maiden asevoimissa, se on käytössä mm. Australian, Viron, Italian, Tanskan ja Iso-Britannian asevoimissa. [14] Valmistajan mukaan yli 11 000 lentolaitetta on toimitettu asiakkaille ympäri maailmaa [16]. Lentolaitetta voidaan käyttää sekä valoisalla että pimeällä tiedusteluun, valvontaan tai kohteiden tai maalien hankkimiseen. [14]

Raven UAV:n siipien kärkiväli on n. 1,3 metriä ja sen pituus noin 1,03 metriä. Se painaa noin 1,81 kg ja sillä pystytään kuljettamaan enintään n. 900 g:n painoista kuormaa. Raven UAV:n moottori on sähkömoottori, jonka virtalähteenä käytetään akkua. [9, s. 26] Moottori on malliltaan Aveox 27/26/7-AV [14]. Raven UAV:tä pystytään lennättämään yhtäjaksoisesti noin 80 minuuttia ja sen lentonopeus vaihtelee välillä 45 km/h–95 km/h. Sen tehokas maksimikantama erilaisissa operaatioissa on noin 10 km. Raven UAV:lle tyypillinen operaatiokorkeus on 30–300 m. [9, s. 26]

Kuten taulukosta 2 voidaan todeta, Raveniin on mahdollista kiinnittää kaksi erilaista sensoriosaa sen etuosaan. Toisessa osassa on kaksi elektro-optista kameraa, toinen UAV:n etualueen tarkkailuun ja toinen sivulle suunnattu kamera. Toisessa sensoriosassa on lentolaitteen etualueetta ja sivustaa tarkkaileva infrapunakamera. [16] Kameroissa ei ole zoomominaisuutta, mutta ne ovat riittävän tarkkoja tuottamaan videokuvaa, jossa havaitaan kantako taistelija asetta vai ei [17].

RQ-11 on käsin ilmaan lähetettävä UAV, joka tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden tuottaa tilannekuvaa näköesteistä huolimatta. Lentolaitteen ilmaan lähettäminen esitetään kuvassa 2. Erikoisjoukkojen henkilöstön mukaan Raven suoriutui erikoisjoukkojen SR-tehtävistä (Surveillance and Reconnaissance) kunnialla 10 km:n kantamansa vuoksi. [18, s. 2] Raven laskeutuu autopilotti-toiminnolla ennalta määriteltyyn ilmassa olevaan laskeutumispisteeseen, josta se aloittaa 45 asteen kulmassa ”Autoland”-automaattisen laskeutumisen. [14]



Kuva 2. RQ-11 Raven lähetetään lentoon käsin [19]

RQ-11:ta pystytään ohjaamaan maanpinnalla sijaitsevasta ohjauslaitteesta (Ground Control Unit) manuaalisesti tai vaihtoehtoisesti ohjelmoida sille itsenäinen reitti, jota se suorittaa oma-toimisesti käyttäen GPS-navigointijärjestelmäänsä (Global Positioning System). [17] Raven voidaan käskä palaamaan takaisin lähtöpaikalle painaen ohjausjärjestelmän yksinkertaista komentopainiketta [14].

RQ-11:ta on helppo kuljettaa. Se pystytään purkamaan kolmeen eri koteloon, jotka mahtuvat esimerkiksi päiväreppuun. [17] Majuri Noma C. Martinin mukaan Raven on korvaamaton etu pienten yksiköiden taistelutehtävissä [20]. Mini-UAV:t, kuten RQ-11 Raven, ovat tehokkaita niiden yllätyksellisyyden takia: ne saattavat ilmestyä varoittamatta [21, s. 1]. Raven pystytään laittamaan nopeasti käyttökuntoon. Käyttäjien kokemusten mukaan toimenpide onnistuu 10 minuutissa mukaan lukien päivä- tai yösensorin valitsemisen ja ohjelmoinnin. [21, s. 2] Kapaleessa esitetyt ominaisuudet esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. RQ-11 Raven:n teknisten ominaisuuksien yhteenvetotaulukko. Tummennettuja ominaisuuksia tarkastellaan tarkemmin luvussa 3.1 [9, s. 26; 14; 16; 17; 18, s. 2]

	RQ-11 Raven
Valmistaja	AeroVironment
Valmistetut mallit	RQ-11 A Raven A/RQ-11 B Raven B
Pituus (m)	1,03
Siipien kärkiväli (m)	1,3
Paino (kg)	1,81
Lisävarusteiden maksimipaino (kg)	0,9
Moottori	Sähkömoottori
Lentoaika (max, h)	1,33
Normaali käyttönopeus (m/s)	12,5-26,38
Maksimikantama (km)	10
Operaatiokorkeus (m)	30-300
EO-kamera	EO
Infrapunakamera	IR
Lentoon lähteminen	Käsin
Vastaanottaminen lennolta	Autoland
Ohjaus	Ground Control Unit

2.3. MQ-9 Reaper

MQ-9 Reaper on General Atomics Aeronautical Systems -valmistajan kehittämä UAV, joka on suunniteltu pitkän kantaman UAV:ksi [9, s. 10]. MQ-9 Reaper, toiselta nimeltään Predator B, on suunniteltu General Atomicsin ehkä tunnetumman mallin, RQ-1/MQ-1 Predatorin pohjalta. Reaperin ensimmäisen prototyypin, Predator B-001:n ensilento suoritettiin helmikuussa 2001. Prototyyppi muistutti paljon MQ-1 Predatoria, mutta sen siipien kärkiväli oli yli 5 metriä pidempi kuin Predatorissa. [1, s. 77] Reaperiä kutsuttiin aina vuoteen 2006 asti Predator B:ksi, kunnes samana vuonna sekaannusten välttämiseksi se nimettiin MQ-9 Reaper:ksi [1, s. 78].

MQ-9 Reaper on 11 metriä pitkä UAV, jonka siipien kärkiväli on n. 20 metriä. Korkeutta lentolaitteella on 3,8 metriä. [1, s. 153] MQ-9:n mittasuhteita havainnollistetaan kuvassa 3. Ilman lisävarusteita se painaa 2 223 kg, varusteiden kantokapasiteetti sillä on n. 1 750 kg. Reaper ei pysty nousemaan lentoon, mikäli sen kokonaispaino ylittää 4 763 kg [22; 1, s. 153]. Sen moottori on bensiinikäyttöinen Honeywell TPE 331-10, jota on käytetty paljon sekä siviili-että sotilaskoneissa. Polttoainekapasiteetti Reaperillä on 1 769 kg. [22; 23]



Kuva 3. MQ-9 Reaper [24]

Lentolaitteella pystytään suorittamaan 40 tunnin mittainen yhtäjaksoinen lento ilman lisävarusteita, mutta täydessä painossaan lentoaika supistuu 14 tuntiin. Sen normaali lentonopeus on 370 km/h. Reaper on tosiaan pitkän kantaman UAV: yksittäisellä lennolla voi olla pituutta n. 5 925 km. Maksimikorkeus, missä se voi suorittaa lentotehtävää, on 15 240 metriä. [1, s. 153] Valmistajan mukaan Reaper on 2 kertaa nopeampi kuin edeltävä mallinsa MQ-1 Predator ja se pystyy kantamaan viisinkertaisen lisävarustekuorman verrattuna edeltäjänsä [25].

UAV:n kärkiosaan on rakennettu liikkuvien kohteiden havainnointiin tarkoitettu SAR-tutka (Synthetic Aperture Radar), Raytheon-valmistajan MTS-B elektro-optinen ja MWIR -sensori, laseretäisyysmittaaja ja maalin määrittämiseen tarkoitettu laser-sensori [9, s. 10]. Lentolaite voidaan myös varustaa Lynx-valmistajan Multi-mode Radar -tutkalla, Multi-mode maritime -tutkalla, AIS-tunnistusjärjestelmällä (Automated Identification System) ja SIGINT/ESM-tiedustelujärjestelmällä (Signal Intelligence, Electronic Surveillance Measures) [22].

Lynx-tutkaa käytetään ”brick-map”-toiminnolla, jolla etsitään alue potentiaalisille maaleille 75 km säteeltä, 2 metrin resoluutiolla. Potentiaaliset maalit ilmaistaan SAR-tutkalla ja MTS-B sensoreilla. SAR-kuvia täytyy ottaa kolmesta eri kuvakulmasta, jotta asejärjestelmälle saadaan kohdistus aikaiseksi. [26, s. 1]

Taulukosta 3 voidaan havaita, että MQ-9 tarvitsee sekä lennolle lähtemiseen että laskeutumiseen kiitotien [9, s. 10]. Reaperin toimintaa suunnitellaan ja johdetaan maatumiasemalta (Ground Control Station) hyödyntäen Predator Primary Satellite Linkiä. Tämä on johtamisväline, joka mahdollistaa yhteyden lentolaitteeseen. MQ-9:n miehistöön kuuluvat pilotti sekä sensorioperaattori. [9, s. 10] Nykypäivänä se voidaan myös ohjelmoida suorittamaan lentotehtävä itsenäisesti [22]. Reaperin ohjausjärjestelmä on yhteensopiva edeltäjänsä, MQ-1 Predatorin ohjausjärjestelmän kanssa [27].

MQ-9 Reaper on suunniteltu hyökkääväksi UAV:ksi ”Hunter-Killer”-tehtäviin, ei niinkään tiedustelukäyttöön. USAF (United States Air Force) hankki lentolaitteen vaikuttaakseen ajallisesti tärkeisiin kohteisiin kuten ohjuslavetteihin ja panttivankiajoneuvoihin. [26, s. 1] Reapereä käytetään kuitenkin myös tiedustelutietojen keräämiseen [9, s. 10]. Hyökkäystehtäviin suunniteltu UAV tarvitsee aseistusta. Se pystyy kantamaan sekä tarkasti ohjautuvia pommeja että ilmasta maahan -ohjuksia [1, s. 109]. Se voidaan varustaa Hellfire-ohjuksilla, GBU-12 laser-ohjatuilla pommeilla (Guided Bomb Unit), GBU-38 JDAM ja GBU-49 laserohjautuvilla pommeilla [22]. GBU-49 pommit ovat myös GPS ohjautuvia [1, s. 80]. Kappaleessa esitetyt ominaisuudet esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. MQ-9 Reaper:n teknisten ominaisuuksien yhteenvetotaulukko. Tummennettuja ominaisuuksia tarkastellaan tarkemmin luvuissa 3.1 ja 3.2 [1, s. 153; 9, s. 10; 22; 23]

	MQ-9 Reaper
Valmistaja	General Atomics
Pituus (m)	11
Siipten kärkiväli (m)	20
Korkeus (m)	3,8
Paino (kg)	2223
Lisävarusteiden maksimipaino (kg)	1750
Moottori	Bensiini
Polttoainekapasiteetti (kg)	1769
Lentoaika (max, h)	40
Normaali käyttönopeus (m/s)	102,77
Maksimikantama (km)	5925
Maksimikorkeus (m)	15 240
EO-kamera	MTS-B
Infrapunakamera	MWIR
Lentoon lähteminen	Kiitotieltä
Laskeutuminen	Kiitotielle
Ohjaus	Maatumiasema
Miehistö	Pilotti + sensorioperaattori
Aseistus	Hellfire/GBU-12/GBU-38 JDAM/GBU-49)

2.4. Yhteenveto teknisistä ominaisuuksista

ScanEagle, RQ-11 Raven ja MQ-9 Reaper ovat kolme ominaisuuksiltaan erityylistä miehittämätöntä ilma-alusta. Mallien ominaisuuksien keskinäinen vertailu esimerkiksi paremmuuden selvittämiseksi ei ole olennaista, sillä ne ovat suunniteltu kaikki hieman erilaisiin tehtäviin. Alla olevassa taulukossa on koottuna lentolaitteiden keskenään verrattavissa olevat ominaisuudet. Taulukkoon tehdyt yksiköiden muunnokset on laskettu aikaisemmissa luvuissa esiintyneistä lukuarvoista.

Kuten taulukosta 4 voidaan havaita, esimerkiksi MQ-9 Reaperin paino verrattuna kahteen muuhun lentolaitteeseen on moninkertainen. Jo tästä voidaan päätellä, ettei Reaperiä kuljeteta esimerkiksi taistelevan joukon mukana kuten Raveniä. Hyötykuormien paino on toinen yksityiskohta, joka tukee tätä päätelmää. Taisteleva joukko kykenee kantamaan mukanaan ScanEaglen tai Ravenin hyötykuormat, Reaperin ei.

Taulukon 4 maksimikantamista nähdään hyvin, miten eripituisiin tehtäviin kukin lentolaite on suunniteltu. RQ-11 kykenee 10 kilometrin taktiseen lentoon, ScanEagle laajemman alueen kartoittamiseen ja MQ-9 suurimman alueen tiedusteluun.

Taulukko 4. ScanEagle:n, RQ-11 Raven:n ja MQ-9 Reaper:n keskenään verrattavissa olevien ominaisuuksien yhteenvetotaulukko [1, s. 153; 1, s. 154; 5, s. 45; 9, s. 10; 9, s. 26; 9, s. 28; 10, s. 26; 11, s. 3; 12, s. 9; 14; 16; 17; 18, s. 2; 22; 23]

	ScanEagle	RQ-11 Raven	MQ-9 Reaper
Pituus (m)	1,55/1,71	1,03	11
Siipien kärkiväli (m)	3,11	1,3	20
Paino (kg)	14-18	1,81	2223
Lisävarusteiden maksimipaino (kg)	3,4	0,9	1750
Moottori	Bensiini	Akkukäyttöinen	Bensiini
Lentoaika (max, h)	24	1,33	40
Normaali käyttönopeus (m/s)	25,7-30,9	12,5-26,38	102,77
Maksimikantama (km)	111	10	5 925
Maksimikorkeus (m)	5944		15 240
EO-kamera	EO/EO900	EO	MTS-B
Infrapunakamera	MWIR	IR	MWIR
Lentoon lähteminen	Lavetilla	Käsin	Käsitötieltä

3. MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOLAITTEIDEN TEKNISTEN OMINAISUUKSIEN HYÖDYNTÄMINEN IRAKIN SODASSA

Tässä asialuvussa tarkastellaan kunkin kolmen UAV:n teknisten ominaisuuksien tuomia onnistumisia tiedustelu- ja tulenkäyttötehtävissä sekä mahdollisia epäonnistumisia ja haasteita, joita on saattanut ilmetä erilaisissa taistelutehtävissä laitteiden puutteellisen teknisen suorituskyvyn myötä. Tekniset ominaisuudet tai niiden tuoma suorituskyky, mitä luvussa tarkastellaan, ovat esimerkiksi lentokorkeus, käytettävyys, johtamisyhteydet ja jopa yksityiskohdat, kuten moottorien päästämät äänet. Erityistarkastelun kohteena ovat sensoritekniikka ja asejärjestelmäteknikka.

Luvussa 3.1 keskitytään Irakin sodassa miehittämättömillä lentolaitteilla suoritettuihin tiedustelutehtäviin ja arvioidaan, miten lentolaitteiden eri teknisiä ominaisuuksia on onnistuttu hyödyntämään. Pääpaino teknisten ominaisuuksien arvioinnissa on sensoritekniikoissa. Luku 3.2 keskittyy arvioimaan MQ-9 Reaperin teknisten ominaisuuksien mahdollistaneita tulenkäyttötehtäviä Irakin sodassa. Luvussa 3.3 tarkastellaan erilaisia teknisiä haasteita ja epäonnistumisia, mitä kullakin lentolaitteella on ollut erilaisissa tehtävissä Irakin sodassa.

3.1. Tiedustelutehtävät

Miehittämättömissä ilma-aluksissa tekniset tiedusteluosat, kuten erilaiset sensorit, ovat usein eniten käytettyjä lisäosia ja ne ovat tärkeä elementti monille käyttäjille [3, s. 133]. Tiedustelutehtävät ovat U.S. Department of Defencen raportin mukaan luokiteltu tärkeäksi tehtäväksi miehittämättömille lentolaitteille, minkä takia sensoritekniikka ja sen kehittäminen on tärkeää [9, s. 42].

Sensorit voivat olla malliltaan joko aktiivisia tai passiivisia. Passiiviset sensorit eivät lähetä sähkömagneettista säteilyä kohteeseen, vaan laitteella havaitseminen perustuu kohteen lähettämään säteilyyn ja infrapunakameran tapauksessa kohteen lähettämään lämpösäteilyyn. Aktiiviset sensorit puolestaan lähettävät signaalin kohteeseen, joka palaa kohteelta laitteen vastaanottiin. Tutka on hyvä esimerkki aktiivisesta sensorista. [3, s. 133]

Sekä elektro-optisia kameroita että infrapunakameroita käytetään ScanEaglessä, Ravenissä ja Reaperissä. Näiden sensorien käyttötarkoituksena on etsiä ja paikantaa kohteita sekä tunnistaa niitä tai ainakin saada kohteet mahdollisimman tunnistettaviksi [3, s. 133]. Elektro-optiset sensorit operoivat sähkömagneettisessa spektrissä näkyvän valon alueella ja nykyään myös infrapuna-alueen lyhytaalto- ja pitkäaaltoalueilla, noin 0,4–12 mikrometrin aallonpituuksilla [3, s. 135]. Sensori on varustettu CCD-kennolla (Charge Coupled Device), joka on mikro-skooppisen pienistä valoherkistä puolijohde-elementeistä tehty rivi- tai matriisi-ilmaisin. Elektro-optisen sensorin suorituskyky määräytyy kuvan pikselimäärän mukaan. Pikselimäärä lisää nähtävien yksityiskohtien määrää. EO-kamera on tarkoitettu käytettäväksi valoisaan aikaan ja sen tuottama kuva voi olla joko yksittäiskuva tai videokuvaa. [28, s. 15; 29, s. 150]

Infrapunakameroilla on puolestaan sähkömagneettisessa spektrissä käytännössä kaksi merkittävää aallonpituusaluetta: n. 3–5 mikrometrin aallonpituusalue ja n. 8–14 mikrometrin aallonpituusalue [30, s. 129; 29, s. 147]. Infrapunakameroita on kahdenmallisia, jäähdettyjä (3–5 mikrometrin alue) ja jäähdettämättömiä kameroita (8–14 mikrometrin alue) [28, s. 15]. Mitä kuumempi kappale on, sitä tehokkaammin ja laajakaistaisemmin se lähettää infrapunasäteilyä. Mitä kuumempi kappale on, sitä lyhyemmällä aallonpituuksilla on säteilymaksimi. [29, s. 146] Infrapunasensori tuottaa videokuvaa, joka on yleensä mustavalkoista [28, s. 16].

ScanEaglen elektro-optinen kamera pystyy tuottamaan reaaliaikaista, värillistä videomateriaalia ja se kykenee 25:1 optiseen zoomaukseen. Infrapunakamera on malliltaan jäähdettämätön ja se kykenee tuottamaan 30 kuvaa sekunnissa. [12, s. 7] Elektro-optisia kameroita on ScanEaglessä kaksi: normaali EO-kamera ja EO900-kamera. Normaalia EO-kameraa käytetään valoisaan aikaan kuvaamaan korkearesoluutioista videokuvaa tai valokuvia. Kameralla saavutetaan 1.1–25 asteen vertikaalisen sektorin valvonta kohdealueesta ja sillä pystytään 36-kertaiseen jatkuvaan zoomaukseen. [31]

EO900-kameralla pystytään puolestaan tuottamaan kuvamateriaalia, jossa on kaksi kuvaa: taustalla on esimerkiksi tiedusteltava alue ja toinen kuva on tarkennettu mielenkiintoiseen kohteeseen. EO-900-kameralla pystytään valvomaan 0.3–48.7:n asteen sektori kohdealueesta ja sillä pystytään jopa 170-kertaiseen jatkuvaan zoomaukseen toisen, tarkemman kuvan luomiseksi. Tämä tekniikka mahdollistaa keskittymisen ja tarkentamisen tärkeisiin kohteisiin hävittämättä kuitenkaan taustalla olevassa kuvassa olevaa kokonaiskuvaa kohdealueesta. [31]

ScanEaglen MWIR-kameralla pystytään tuottamaan laadukasta kuvamateriaalia yöaikaan suoritettavissa tehtävissä tai huonon näkyvyyden sääolosuhteissa. MWIR-kamera on malliltaan jäähdyttämätön ja se käyttää 3–5 mikrometrin aallonpituusaluetta [32]. Kameralla pystytään valvomaan 2–25 asteen vertikaalinen sektori kohdealueesta ja sillä kyetään 12.5-kertaiseen jatkuvaan zoomaukseen. ScanEaglessä pystytään käyttämään myös yhdistelmäkameraa, jossa on sekä normaali EO-kamera että MWIR-kamera sekä laserosoitin. Yhdistelmäkamera mahdollistaa käytettävän kameran valinnan halutun käyttötarkoituksen mukaan. [31]

RQ-11 Raven UAV:n etuosaan voidaan kiinnittää AeroVironmentin valmistamat sensorihyötykuormat, jossa on elektro-optinen tai infrapunakamera. Hyötykuormat ovat erikseen valoisalle ja pimeälle, joten sensorihyötykuormaa vaihtaakseen Raven pitää laskea maahan päivä- ja yötehtävien välillä. Elektro-optinen kamera painaa n. 190 g, infrapunakamera puolestaan n. 320 g. Molemmat sensorimallit ovat vedenkestäviä ja niitä pystytään käyttämään -20 celsiusen ja 50 celsiusen välisissä lämpötiloissa. [33, s. 2]

Elektro-optisessa kamerassa on 5 megapikseliä ja sitä pystytään liikuttamaan pituus- tai sivusuunnassa. Infrapunakameraa pystytään myös liikuttamaan pituus- ja sivusuunnassa ja siihen on integroitu laserosoitin. Infrapunakameran resoluutio on 320 x 240. Tiedostomuoto, mitä molemmat kamerat tuottavat, on formaatissa MPEG. [33, s. 2]

MQ-9 Reaperin Raytheon-valmistajan kehittämä MTS-B sensorijärjestelmä on kehitetty RQ-1 Predatorissa olevan MTS-A sensorijärjestelmän pohjalta, sillä Reaper luotiin suorittamaan operaatioita korkeammalla korkeudella kuin Predator. [34, s. 41] MTS-B järjestelmään on integroitu elektro-optinen kamera, infrapunakamera sekä laser-osoitin [35]. Sensorijärjestelmän eri ominaisuuksien ansiosta MQ-9 pystyy paikantamaan, tunnistamaan ja kohdentamaan maaleja AGM-114 Hellfire- ja laser-ohjautuville ohjuksille. MTS-B järjestelmällä saadaan tuotettua teräväpiirtovideokuvaa. [36, s. 16]

ScanEagleä käytettiin Irakin sodassa monissa eri tehtävissä. Se otettiin käyttöön Irakin sotaan Yhdysvaltain merijalkaväen toimesta heinäkuussa 2004 ja heinäkuuhun 2005 mennessä se oli suorittanut jo 4000 lentoa [37; 38]. Tällaisia tehtäviä olivat ScanEagle-upseerin luutnantti Devin Scullyn mukaan muun muassa alueenvalvontatehtävät, joukkojen etsintä ja maalin paikannus. ScanEaglen kyky operoida pitkiä ajanjaksoja itsenäisesti on laitteen teknisen suorituskyvyn tarjoama taktinen etu [1, s. 98–99].

Merijalkaväen everstin John Colemanin mukaan sekä päivä- että yökäyttöön tarkoitetut sensorit olivat riittävän tarkkoja erottamaan yksittäisiä ihmisiä ja näyttämään, kantoivatko he asetta vai ei. Tämä ominaisuus oli hänen mukaansa todellinen etu omille joukoille operaatio Al Fajrissa 2005. GPS:n avulla lentolaite tarjosi maaleista tarkat koordinaatit. [39]

Vuoden 2005 raportin mukaan lentolaite tarjosi eri komentajille päivä- ja yötilannekuvaa taistelulentästä. Se tarjosi reaaliaikaista tilannekuvaa tiedusteluanalysoijille maahan. Jos Yhdysvaltain omat joukot olivat kosketuksissa vihollisen kanssa, pystyttiin komentajille antamaan tiedustelutietoa erilaisia päätöksiä varten. [38]

ScanEaglen kuvamateriaalilla merijalkaväelle pystyttiin tarjoamaan vaihtoehtoa kuinka hyökätä tai mihin vihollinen oli mahdollisesti pyrkimässä. Tiedusteluasiantuntijoiden ja ScanEagle-operaattorien mukaan lentolaitteen moottorin hidas, suriseva ääni riitti pitämään terroristit poissa teiltä. [38]

Irakin sodassa vuoden 2007 maaliskuun loppuun mennessä lentolaite oli suorittanut yli 30 000 operaatiolentoa Yhdysvaltojen merijalkaväen ja maavoimien sekä Australian asevoimien toimesta [40]. Voidaan päätellä, että laitteen tarjoama tekninen suorituskyky on ollut onnistunutta ja tiiviissä käytössä Irakin sodassa.

Yhdysvaltojen asevoimilla on ollut käytössä lukuisia RQ-11:a Irakin sotakentillä [41]. RQ-11 Ravenin teknisiä ominaisuuksia hyödyntämällä ovat Yhdysvaltojen joukot pystyneet suorittamaan over-the-hill -tiedustelua, tarkka-ampujien havaitsemista ja haluttujen convoy-reittien valvontaa [5, s. 45]. Irakin sodan vuosien 2009 ja 2010 kokemuksilla Ravenin pieni koko ja helppokäyttöisyys tuo orgaanisen ISR-kyvyn jopa komppaniatasolle asti.

Ravenin sensorijärjestelmän avulla on myös saatu paikannettua maaleja, joita yleensä taisteluhelikopterit ovat ampuneet. Helmikuussa 2010 Tigris-joen laaksossa 1-64 panssaripataljoonan operaattori havaitsi kaksi komppanian logistiikkakeskukseen suunnattua 107mm raketinheitintä, joihin yksikkö sai lähetettyä tulivoimaa ja heittimet saatiin tuhottua. Operaattori sai käytännössä estettyä mahdollisen tulevan vihollisen tulenkäytön logistiikkayksikköä kohtaan. [18] Sensorijärjestelmää hyväksi käyttäen on Ravenillä siis pystytty paikantamaan maaleja ja johtamaan tulta.

3.2. Tulenkäyttötehtävät

Miehittämättömien lentolaitteiden tulenkäyttötehtävissä on kyse tiedustelusta, kohteen paikantamisesta ja tunnistamisesta sekä kohteen tuhoamisesta. U.S. Department of Defencen raportin mukaan varsinainen tuhoamistehtävä on listattu tiedustelutehtävien tapaisesti erittäin tärkeäksi tehtäväksi UAV:lle [9, s. 42].

Tutkielman kolmesta UAV:stä ainoa, jolla on aseellista suorituskykyä, on MQ-9 Reaper. Operaatio Iraqi Freedomin ensimmäinen Hellfire-ohjus ammuttiin kolmantena päivänä sodan alkamisesta 22.3.2003 Reaperin edeltäjän, MQ-1 Predatorin toimesta [1, s. 69]. Reaperin ensimmäinen taistelutehtävä Irakin sodassa tapahtui vasta 16.8.2008, jolloin se ampui GBU-12 laserohjattavan pommin vihollisen joukkoja vastaan [1, s. 78].

Kuten luvussa 2.3 todettiin, MQ-9 Reaper voidaan varustaa erilaisilla ampumatarvikkeilla kuten Hellfire-ohjuksilla, GBU-12 laser-ohjatuilla pommeilla, GBU-38 JDAM ja GBU-49 laserohjautuvilla pommeilla [22]. Hellfire-ohjus on tyypiltään ilmasta-maahan -ohjus. Hellfire-ohjuksia on useita erimallisia erilaisiin käyttötarkoituksiin. Reaperissä käytettävä malli on Hellfire AGM-114P, joka pohjautuu helikoptereihin suunniteltuun K-malliin. AGM-114P-malli on suunniteltu käyttöön suurilta korkeuslukemilta. Sen ohjaus perustuu puoliaktiiviseen laserseurantaan. AGM-114P:n pituus on 1,63 m, paino noin 50 kg ja sen kantama noin 9 km. [42]

JDAM on Boeing-valmistajan kehittämä edullinen pommien ohjausyksikkö, jolla pystytään ohjaamaan pommi tarkasti haluttuun kohteeseen. Se koostuu peräosasta, johon on sisällytetty GPS-ohjain ja runko-osasta, joka pitää pommin lentoradan vakaana. JDAM:iin voidaan asettaa erilaisia taistelukärkiä. Täysimittainen JDAM-ohjausyksikön tuotanto Yhdysvalloille alkoi maaliskuussa vuonna 2001. [43]

GBU-12 (Guided Bomb Unit-12) on Texas Instruments -valmistajan tuottama laserhakeutuva pommi. Se käyttää 226,8 kilogramman taistelukärkeä. GBU-12:sta on olemassa kaksi ohjausyksikköä, Paveway I ja Paveway II. Paveway I on kiinteäsiipinen, kun taas Paveway II on taittuvasiipinen ohjausyksikkö. [44] GBU-38 JDAM on Boeing-yhtiön valmistama myös 226,8 kilogramman painoinen JDAM-järjestelmää hyväksikäyttävä pommi [45]. GBU-49 on Paveway II -ohjausyksikköä käyttävä Raytheon-valmistajan tuottama laserhakeutuva pommi. Taistelukärjen paino GBU-49:ssä on 275 kg. [46]

21. elokuuta vuonna 2008 erään Kaakkois-Irakiin kohdistuneen valvontalennon aikana Reaper-operaattorit huomasivat epäilyttävän ajoneuvon. Informaatio välitettiin välittömästi alueella toimivan joukon henkilöstölle. Ajoneuvo saatiin tunnistettua lentolaitteella VBIED:ksi (Vehicle-Borne Improvised Explosive Device), minkä jälkeen Reaperille annettiin komento ampua GBU-12 laserhakeutuva pommi ajoneuvoa kohti. Everstiluutnantti Micah Morganin, 46th ERAS:n (46th Expeditionary Reconnaissance and Attack Squadron) komentajan mukaan tämä oli hieno esimerkki Reaperin uniikeista ominaisuuksista. Ainoastaan yhdellä ilmaluoksella kohde etsittiin, löydettiin, kohdennettiin ja tuhottiin. [1, s. 111; 47]

MQ-9 Reaperin käyttö tulenkäyttötehtävissä Irakin sodassa on ollut tehokasta. Laitteen tekniset ominaisuudet mahdollistavat käytön hyvin pitkän etäisyyden päästä itse maalista. Reaperin pommittaessa tiettyä kohdetta Irakissa sen pilotti pystyi istumaan Nevadassa noin 11 265 kilometrin etäisyydellä. Reaperin edeltäjän, Predatorin hitaus nähtiin majuri Chris Snodgrassin mukaan ongelmana. Maassa olevien joukkojen ollessa kosketuksissa viholliseen, Predator ei välttämättä ollut tarpeeksi nopea auttamaan. Reaperin nopeudella tämä puute saatiin ainakin osin paikattua. [48]

3.3. Haasteet ja epäonnistumiset

Vaikka kaikki kolme lentolaitetta ovat saavuttaneet Irakin sodassa menestystä joko tiedustelussa tai tulenkäyttötehtävissä, niissä on ilmentynyt myös teknisiä epäonnistumisia ja haasteita. Tämä selittää osaltaan sen, minkä takia uusia versioita ja päivityksiä saatetaan tehdä mille tahansa asejärjestelmälle.

RQ-11 Raven ei ole tiedustelutehtävissä voittamaton. Yhdysvaltain armeijan lähteen mukaan kyseisiä lentolaitteita on hävinnyt operaatioissa johtamisyhteyksien katkosten tai laitteiden kovalevyjen tuhoutumisen johdosta [49]. 3–29. kenttätykistön kersantti Nathan Wyattin mukaan Raven ei pidä huonosta säästä. Yksi hänen ohjaamansa Raven tuhoutui osuessaan Irakilaisen talon kattoon yhdessä vuoden pahimmista talvimyrskyistä. RQ-11 ei toimi ideaalisesti Warlock-häirintälähettimen kanssa vaan saattaa jumiutua ja tuhoutua osuessaan maahan. Warlock-häirintälähetin on suunniteltu IED-pommien (Improvised Explosive Device) deaktivointiin. [50]

ScanEaglessä on käyttäjien mukaan myös erilaisia teknisiä haasteita. Siinä missä laitteen suriseva ääni antaa viholliselle pelotteen, se ei välttämättä ole aina tarpeellinen. Vuonna 2008 Boeing oli kehittämässä uutta äänenvaimenninta pienentämään moottorin ääntä johtuen käyttäjien toivomuksesta päästä lähemmäksi tiedustelukohteita paljastumatta [51].

Merijalkaväen joukot käyttivät jo operaatio Al Fajrissa lentolaitteissa äänenvaimentimia, koska niiden operaatiokorkeus oli erittäin matala ja vihollinen saattoi havaita lentolaitteen äänen perusteella [39]. Toinen hieman erilainen haaste, joka on löydetty ScanEaglen käytössä, on sen helppo ohjattavuus. ScanEagle-operaatiojohtajan kersantti Michael Diamondsonin mukaan lentolaitteen ohjaus on kuin pelaisi videopeliä, vaikka kyseessä on oikea ja arvokas lentolaite [52].

MQ-9 Reaperissä yksi suurimmista esiin tulleista ongelmista ovat siviiliuhrit. Vaikka lentolaitteen sensorijärjestelmä on erittäin tarkka, siviiliuhrien erottaminen sotilaista Irakin sodassa oli hankalaa: Irakin joukot eivät välttämättä pukeutuneet univormuihin vaan sulautuivat paikallisen väestön sekaan. [53] Tämä luonnollisesti tekee siviili-sotilas-erottelun tarkimmallakin sensorilla erittäin haastavaksi, mikä lisää siviilien kuoleman riskiä ohjuksilla tai pommilla ammuttaessa.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

ScanEaglen, RQ-11 Ravenin ja MQ-9 Reaperin käyttö Irakin sodassa on ollut monipuolista eri taistelutehtävissä. Lentolaitteita on hyödynnetty tiedustelutehtävissä sekä tulenjohto- ja tulenkäyttötehtävissä kuten edellisissä asialuvuissa on käynyt ilmi. Lentolaitteiden käytössä oli havaittu onnistumisia, minkä takia niiden määrä Irakin sodassa oli lisääntynyt lentolaitteiden käyttöönoton jälkeen. Onnistuneet kokemukset ovat lisänneet lentolaitteiden käyttöä myös muiden valtioiden kuin Yhdysvaltojen asevoimissa. Toisaalta laitteiden teknisissä ominaisuuksissa on havaittu myös epäonnistumisia ja haasteita.

4.1. Tekniset ominaisuudet

Kaikkien kolmen miehittämättömän lentolaitteen tekniset ominaisuudet ovat ratkaisevassa roolissa niiden onnistumisessa eri taistelutehtävissä. Luvussa 2 havaittiin, että kunkin UAV:n tekniset ominaisuudet ovat hyvin erilaisia. Taktisen tason tiedustelutehtäviin suunniteltu UAV ei tarvitse välttämättä 6 000 kilometrin kantamaa. Lisäksi sen ei tarvitse olla kooltaan pienen lentokoneen kokoinen. Luvun 2.4 taulukko ilmaisee, että ScanEaglen ja Reaperin moottori on bensiinillä toimiva, joten esimerkiksi lentoaika verrattuna Raveniin on huomattavasti suurempi. Raven on kuitenkin suunniteltu lyhyen kantaman tehtäviin, joten polttoaineella toimiva moottori saattaisi olla liian painava. Mikäli lentolaite puolestaan suunnitellaan tulenkäyttötehtäviin, sen täytyy olla jyrkärakenteinen, jotta se pystyy kantamaan ilmassa erilaista aseistusta.

Sekä Ravenissä, ScanEaglessä että Reaperissä on mahdollisuus ohjelmoida lentolaite suorittamaan itsenäisiä lentotehtäviä. Tämä ominaisuus on todennäköisesti helpottanut operaattoreiden toimintaa ja antanut mahdollisuuden keskittyä esimerkiksi sensoreilla havainnointiin ja kohteiden tunnistamiseen. Kaikkia miehittämättömiä lentolaitteita voidaan kuitenkin ohjata manuaalisesti, mikä on mahdollistanut reagoinnin äkillisiin tilanteisiin.

ScanEagle ja RQ-11 Raven on suunniteltu pääasiassa ISR-tehtäviin, minkä takia ne ovat suhteellisen pienikokoisia, helppokäyttöisiä ja hyvillä sensoreilla varustettuja järjestelmiä. MQ-9 Reaper puolestaan omaa ison aseenkantokapasiteetin ison rakenteen ja moottorin ansiosta, sillä se on ISR-tehtävien lisäksi suunniteltu tulenkäyttötehtäviin. Reaperin aseenkantokapasiteetin johdosta sillä on pystytty tiedustelemaan, tunnistamaan ja tuhoamaan haluttu kohde samalla kertaa. Kuten luvussa 2 on todettu, laitteiden ominaisuuksien vertailu ei ole tärkeää, sillä ne on suunniteltu hieman erilaisiin tehtäviin.

4.2. Teknisten ominaisuuksien hyödyntäminen ja haasteet

Konfliktit Irakissa ovat osoittaneet, että UAV:t ovat erittäin tehokkaita tiedusteluun tarkoitettuja järjestelmiä. Ne tarjoavat tärkeää ja toivottua informaatiota maassa toimiville joukoille. Tiedustelutehtävät ovat olleet tutkielman kolmen eri miehittämättömän lentolaitteen pääasiallinen tehtävä Irakin sodassa. Luvun 3 havaintojen perusteella voidaan todeta, että tiedustelutehtävissä onnistumisia oli edesauttanut laitteiden sensoritekniikka. Ilman sitä lentolaitteiden käyttöarvo tiedusteluun, tulenjohtamiseen ja maalinpaikantamiseen olisi ollut suoraan sanottuna mitätön. Ilman havainnointikykyä ei tiedustelua pystytä toteuttamaan.

Sensoritekniikan lisäksi ScanEaglen, Ravenin ja Reaperin erilaiset tekniset ominaisuudet edesauttoivat tiedustelutehtävien suorittamista. Pieni koko saattaa pidentää laitteen käyttöiän kestoa, koska sitä on vaikea havaita ja siihen on vaikeampi osua. Myös lentolaitteen ohjaus on nostanut lentolaitteiden käyttöarvoa tiedustelutehtävissä. Laitetta ohjataan maasta käsin eikä tiedustelulentokoneen tavoin pilotin toimesta, minkä takia lentolaitteita käyttämällä vähennetään merkittävästi henkilötappioita.

Irakin sodassa Reaper otettiin käyttöön vuonna 2008. Havainnot Reaperin teknisten ominaisuuksien tarjoamasta suorituskyvystä kyseisessä sodassa ovat olleet hyviä. Luvun 3 havaintojen mukaisesti laitteen sensoritekniikka ja aseenkantokapasiteetti ovat tuottaneet tulosta tulenkäyttötehtävissä. U.S. Department of Defence:n raportin mukaan MQ-9 Reaperille varattua budjettia nostettiin vuonna 2010 [53]. Tämäkin osoittaa, että sekä Irakin sodassa että muissa sodissa saadut kokemukset Reaperin teknisten ominaisuuksien tarjoamasta suorituskyvystä ovat olleet hyviä. Kyvyttömien tai käyttöarvottomien laitteiden budjettia ei todennäköisesti nostettaisi.

Kuten luvusta 3.3 voidaan todeta, Irakin sodassa ScanEaglen, Ravenin ja Reaperin käytössä on ollut myös haasteita. Erilaiset havainnot miehittämättömien lentolaitteiden teknisten ominaisuuksien tuomista vastoinkäymisistä erilaisia taistelutehtäviä suorittaessa ovat myös ajaneet eteenpäin laitteiden parantelua ja tuotekehittelyä.

Ravenin heikko rakenne aiheutti sen, että haastavissa olosuhteissa se saattoi tippua maahan ja rikkoutua. ScanEaglen helppo ohjattavuus nähtiin eräänlaisena inhimillisenä haasteena, sillä kalliin laitteen todellinen arvo saattoi hämärtyä operaattorille juuri helpon ohjattavuuden vuoksi. Tällaiset haasteet ovat varmasti tuoneet kehitystä laitteiden käyttöperiaatteisiin. Raveniä ei välttämättä enää käytetä huonoissa sääolosuhteissa ja ScanEaglen operaattoreiden koulutuksessa painotetaan laitteen arvoa ja valvotaan tarkemmin sen käyttöä. Reaperin tulenkäytössä riskiksi muodostuivat mahdolliset siviiliuhrit. Tämä havainto on saattanut parantaa laitteen tulenkäytön harkintaa: milloin se on ajankohtaista tai välttämätöntä. Kyseisten miehittämättömien lentolaitteiden tarjoamat havainnot Irakin sodassa ovat siis mahdollisesti kehittäneet tuotekehityksen lisäksi niiden käyttöperiaatteita.

Lentolaitteiden tarjoama tekninen suorituskyky on ollut riittävän hyödyllistä sodankäynnissä, sillä se on havaittu tehokkaaksi myös muiden maiden asevoimissa. Irakin sodan aikaiset kokemukset ScanEaglen, Ravenin ja MQ-9 Reaperin käytöstä ovat olleet positiivisia. Vaikka Irakin sota on varsinaisesti jo päättynyt ja Yhdysvallat on vetänyt sieltä joukkonsa pois vuonna 2011, vuonna 2013 Irakin armeijalle toimitettiin Yhdysvaltojen toimesta 75 Hellfire-ohjusta. Lisäksi maaliskuuhun 2014 mennessä suunniteltiin toimitettavan 10 ScanEagleä ja vuoden 2014 loppuun mennessä suunniteltiin 48 Ravenin toimittamista. [54] Lentolaitteiden käyttö Irakissa ei siis päättynyt varsinaiseen Irakin sotaan, UAV:t lentävät siellä edelleen.

4.3. Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimusaiheiden lähtökohtana voi olla esimerkiksi kunkin lentolaitteen kehitysnäkymät. Sotatekniikan osa-alueella aihealueina voisivat toimia mahdollisesti kunkin laitteen sensorteekniikan kehitysnäkymät tai ilmasta-maahan -aseiden tekninen kehityssuunta. Lentolaitteiden johtamis- ja viestintätekniikan tarkempi tarkastelu voisi myös toimia tutkimuskohteena. Tulenjohtosoveltuvuuden tutkiminen voisi olla esimerkiksi taktiikan osa-alueen tutkimusaiheena. Lisäksi kokemukset MQ-9 Reaperin käytöstä Pakistanin sodassa voivat olla yksi tutkimuskohde.

LÄHTEET

- [1] Yenne, B. *Birds of Prey: predators, reapers and America's newest UAVs in combat*. Minnesota (USA): Speciality Press, 2010. 159 s. ISBN 978-1-58007-153-6.
- [2] U.S. Army UAS Center of Excellence. *Eyes Of The Army – U.S. Army Roadmap For UAS 2010-2035*. Alabama (USA): 2010. 127 s. Saatavissa: <https://www.fas.org/irp/program/collect/uas-army.pdf>.
- [3] Fahlstrom, Gerin P., Gleason, Thomas J. *Introduction to UAV Systems*. 4. painos. United Kingdom: Wiley, 2012. 280 s. Saatavissa: eds.a.ebscohost.com.
- [4] Hallenberg J., Karlsson H. *The Iraq War – European Perspectives on Politics, Strategy and Operations*. New York (USA): Routledge, 2005. 253 s. ISBN 978-0-415-36293-1.
- [5] Gertler, J. *U.S. Unmanned Aerial Systems*. USA: CRS Report for Congress, 2012. 50 s. Saatavissa: <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/R42136.pdf>.
- [6] Kansalliskirjasto. *Doria*. [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa: www.doria.fi.
- [7] Lappalainen E., Jormakka J. *Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakouluissa*. Julkaisusarja 5. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. 203 s. ISBN 951-25-1540-7.
- [8] Teknillinen korkeakoulu. *Kirjallisuustyöohje*. Suomi: Kemian laitetekniikan ja tehdassuunnittelun laboratorio, 2006. 11 s. Saatavissa: <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/ke-42.3000/materiaali/3-kirjallisuustyöohje.pdf>.
- [9] Cambone, Stephen A., Krieg, Kenneth, Pace, Peter, Wells II, Linton. *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap, 2005-2030*. Department of Defence. Yhdysvallat, 2005. 213 s. [viitattu 4.4.2014]. Saatavissa: http://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf.
- [10] *Equipping drones for search and rescue*. Practical Sailor. 2012. Joulukuu, s. 24-27. [viitattu 6.5.2014]. Saatavissa: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/83479837/equipping-drones-search-rescue>.
- [11] Insitu. *SCANEAGLE* [verkkójulkaisu]. [viitattu 6.5.2014]. Saatavissa: <http://www.insitu.com/images/uploads/product-cards/ScanEagle.pdf>.
- [12] Wilke, C. *ScanEagle Overview*. SAE Aerospace Control and Guidance Systems Committee. [viitattu 6.5.2014]. Saatavissa: http://www.csdymn.edu/acgsc/Meeting_99/SubcommitteeE/SEpubrlsSAE.PDF.

- [13] NLR. *Fast certification of the ScanEagle unmanned aircraft system*. [viitattu 6.5.2014]. Saatavissa: <http://annualreport.nlr.nl/2012/Projects/Defence/Certification%20ScanEagle/float.php>.
- [14] UAVGLOBAL. *AeroVironment RQ-11 Raven*. [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa: <http://www.uavglobal.com/rq-11-raven/>.
- [15] Army-technology.com. *RQ-11 Raven Unmanned Aerial Vehicle, United States of America*. [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa: <http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/>.
- [16] AeroVironment. *Raven Overview*. [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa: https://www.avinc.com/downloads/Raven_INTL_1210.pdf.
- [17] Global Security. *RQ-11 Raven*. [viitattu 4.4.2014]. Saatavissa: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/raven.htm>.
- [18] International Defence Review. *Upping the stakes: demand rises for new-generation tactical UAVs*. London: Jane's Defence Weekly, 2006. Posted 5.6.2006. [viitattu 4.4.2014]. Saatavissa: www.janes.com.
- [19] U.S. Department of Defence. *Defence.gov News Photos*. [viitattu 9.5.2014]. Saatavissa: <http://www.defense.gov/Photos/NewsPhoto.aspx?NewsPhotoID=11062>.
- [20] Maj. Martini, Noma C., *The little plane that could*. Infantry, 2011 Tammikuu–Maaliskuu. [viitattu 4.4.2014]. Saatavissa: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail?vid=3&sid=92b80ada-775f-46fe-aa3d-45077df19eb3%40sessionmgr111&hid=106&bdata=Jmxhbm9Zmkmc2l0ZT1lZHMtYm91Z2ZQ%3d%3d#db=edsggo&AN=edsgcl.266232839>.
- [21] International Defence Review. *Mini-UAVs – the next small thing*. London: Jane's Defence Weekly, 2005. Posted 10.5.2005. [viitattu 4.4.2014]. Saatavissa: www.janes.com.
- [22] General Atomics Aeronautical Systems. *MQ-9 Reaper/Predator B- Persistent Multi-Mission ISR*. [viitattu 7.5.2014]. Saatavissa: http://www.gasi.com/products/aircraft/pdf/Predator_B.pdf.
- [23] National Flight Services. *Honeywell TPE331-10T*. [viitattu 7.5.2014]. Saatavissa: <http://www.nationalflight.com/tpe331-10t.php>.
- [24] BBC News. *Military's crucial "eye in the sky"*. [viitattu 20.8.2014]. Saatavissa: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7419752.stm>.

- [25] General Atomics Aeronautical. *Predator B UAS*. [viitattu 7.5.2014]. Saatavissa: http://www.ga-asi.com/products/aircraft/predator_b.php.
- [26] International Defence Review. *USAF deploys Predator B long-endurance UAV prototypes for initial operational use*. London: Jane's Defence Weekly, 2005. Posted 11.11.2005. [viitattu 7.5.2014]. Saatavissa www.janes.com.
- [27] UAVGLOBAL. *General Atomics MQ-9 Reaper*. [viitattu 7.5.2014]. Saatavissa: <http://www.uavglobal.com/general-atomics-mq-9-reaper/>.
- [28] Leppäniemi, A. *Minilennokkien käytön perusteita viranomaistehtävissä sekä ORBITER 2 B-järjestelmän esittely*. Opinnäytetyö, ylempi AMK. Pori, 2013. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma. 53 s. [viitattu 13.8.2014]. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/62452/Leppaniemi_Antti.pdf?sequence=1 s.
- [29] Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. *Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy, 2001. 391 s. ISBN 951-25-1277-7
- [30] Austin, R. *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2010. 332 s. ISBN 978-0-470-05819-0. [viitattu 8.8.2014]. Saatavissa: <http://1slon.ru/book/Unmanned%20Air%20Systems%20UAV%20Design,%20Development%20and%20Deployment.pdf>.
- [31] Insitu Inc. *ScanEagle: Options and Capabilities*. [viitattu 27.12.2014]. Saatavissa: http://www.insitu.com/images/uploads/product-cards/ScanEagle_Options_and_Capabilities.pdf.
- [32] Specim. *MWIR spectral camera*. [viitattu 27.12.2014]. Saatavissa: <http://www.specim.fi/index.php/products/research/spectral-cameras/mwir>.
- [33] AeroVironment. *Mantis i23 Gimbal*. [viitattu 13.8.2014]. Saatavissa: http://www.avinc.com/downloads/Raven_Gimbal_Update_for_Online.pdf.
- [34] M. Cullen, Timothy. *The MQ-9 Reaper Remotely Piloted Aircraft: Humans and Machines in Action*. Väitöskirja. Massachusetts, 2011. Massachusetts Institute of Technology. 298 s. [viitattu 13.1.2015]. Saatavissa: <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/80249/836824271.pdf?sequence=1>.
- [35] Raytheon. *MTS-B Multi-Spectral Targeting System*. [viitattu 13.1.2015]. Saatavissa: http://www.raytheon.com/capabilities/products/mts_b/index.html#pagetop.

- [36] Flightglobal/Insight. *Airborne imaging 2011: Electro-optical Infra-red*. 27 s. Saatavissa: <http://www.pilotopolicial.com.br/Documentos/Artigos/Airborne-Imaging-in-2011.pdf>.
- [37] Defense Update. *ScanEagle*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: <http://defense-update.com/products/s/scaneagle.htm>.
- [38] Marines. *ScanEagle patrols Iraq: VMU-2 deploys unmanned system*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: <http://www.2ndmaw.marines.mil/News/ArticleView/tabid/357/Article/522492/scaneagle-patrols-iraqvmu-2-deploys-unmanned-system.aspx>.
- [39] DoD News. *ScanEagle Proves Worth in Fallujah Fight*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=24397>.
- [40] Naval-technology.com. *ScanEagle, United States of America*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: <http://www.naval-technology.com/projects/scaneagle-uav/>.
- [41] Flightglobal. *Iraqi insurgents release video of captured Aerovironment RQ-11 Raven UAV*. [viitattu 14.1.2015]. Saatavissa: <http://www.flightglobal.com/news/articles/video-iraqi-insurgents-release-video-of-captured-aerovironment-rq-11-raven-212093/>.
- [42] Jane's Electro-Optic Systems. *Hellfire Systems AGM-114 Hellfire/Hellfire II*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: www.janes.com.
- [43] Boeing. *Joint Direct Attack Munition (JDAM)*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: http://www.boeing.com/assets/pdf/defense-space/missiles/jdam/docs/jdam_overview.pdf.
- [44] Military Analysis Network. *Guided Bomb Unit-12 (GBU-12)*. [viitattu 17.1.2015]. Saatavissa: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/smart/gbu-12.htm>.
- [45] GlobalSecurity. *GBU-38 Joint Direct Attack Munition (JDAM)*. [viitattu 17.1.2015]. Saatavissa: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/gbu-38.htm>.
- [46] Designation-systems.net. *Directory of U.S. Military Rockets and Missiles - Appendix 5: Guided Bombs: Paveway II*. [viitattu 17.1.2015]. Saatavissa: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app5/paveway-2.html>.
- [47] Deagel.com. *MQ-9 Reaper Drops GBU-12 Laser Bomb in one of its First Weapons Engagements*. [viitattu 17.1.2015]. Saatavissa: http://www.deagel.com/news/MQ-9-Reaper-Drops-GBU-12-Laser-Bomb-in-one-of-its-First-Weapons-Engagements_n000004877.aspx.

- [48] USA Today. Bomb-laden 'Reaper' drones bound for Iraq. [viitattu 17.1.2015]. Saatavissa: http://usatoday30.usatoday.com/news/world/iraq/2007-07-15-reaper_N.htm.
- [49] Jane's Defence Weekly. *UK uses Raven for Iraq ISR missions*. London: Jane's Defence Weekly, 2006. Posted 13.8.2006. [viitattu 14.1.2015]. Saatavissa: www.janes.com.
- [50] Defensetech. *The Amazing, All-Purpose, Styrofoam Drone*. [viitattu 14.1.2015]. Saatavissa: <http://defensetech.org/2006/02/09/the-amazing-all-purpose-styrofoam-drone/>.
- [51] International Defence Review. *Boeing seeks to enhance ScanEagle capabilities*. United States: International Defence Review. Posted 9.8.2008. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: www.janes.com.
- [52] Defense-unmanned.com. *US Army Touts ScanEagle UAV in Iraq*. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: <http://www.defense-unmanned.com/article/92/us-army-touts-scanegle-uav-in-iraq.html>.
- [53] International Affairs Review. *Drone Wars: Armed Unmanned Aerial Vehicles*. [viitattu 17.1.2015]. Saatavissa: <http://www.iar-gwu.org/node/144>.
- [54] The New York Times. *U.S. Sends Arms to Aid Iraq Fight With Extremists*. [viitattu 20.1.2015]. Saatavissa: <http://www.nytimes.com/2013/12/26/world/middleeast/us-sends-arms-to-aid-iraq-fight-with-extremists.html?pagewanted=all>.