

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**DIGITALISAATION KEHITYSNÄKYMÄT VERKOSTOPUOLUS-  
TUKSEN VISIOIDEN JA MODERNIN ILMATORJUNNAN NÄKÖ-  
KULMASTA**

Pro gradu -tutkielma

Yliluutnantti  
Olli-Antti Hintikka

Sotatieteiden maisterikurssi 8  
Ilmatorjuntaopintosuunta

Huhtikuu 2019

# MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Sotatieteiden maisterikurssi 8	Linja Maasotalinja
Tekijä Yliluutnantti Olli-Antti Hintikka	
Opinnäytetyön nimi <b>DIGITALISAATION KEHITYSNÄKYMÄT VERKOSTOPUOLUSTUKSEN VISIOIDEN JA MODERNIN ILMATORJUNNAN NÄKÖKULMASTA</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotataito, operaatiotaito ja taktiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Huhtikuu 2019	Tekstisivuja 98 Liitesivuja 7
<b>TIIVISTELMÄ</b>	
<p>Tutkimustehtävänä oli hahmottaa digitalisaation kehitysnäkymiä verkostopuolustuksen visioiden ja modernien verkottuneiden järjestelmien näkökulmasta. Modernien verkottuneiden järjestelmien näkökulmaa edusti 2020-luvun ilmatorjunta, jonka tulkittiin sivuavan verkostopuolustuksen nykyaikaisia ilmenemismuotoja.</p> <p>Tutkimuksen lähdekirjallisuus muodostui digitalisaatiota ja verkostopuolustusta käsittelevistä julkaisuista. Tutkittava aineisto muodostettiin 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevistä artikkeleista. Tutkimus toteutettiin laadullisia menetelmiä hyödyntämällä. Analyysimenetelminä käytettiin käsiteanalyysiä, sisällönanalyysiä ja sovellettua trendianalyysiä. Trendianalyysi perustui vuosituuhannen vaihteen verkostopuolustuksen visioiden, tuoreimpien digitalisaatiokäsitysten ja 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevien teemojen keskinäisten suhteiden hahmottamiseen. Trendianalyysissä tarkasteltiin kaikkia kyseisiä ilmiöitä yhdistäviä trendejä, tuoreita ja nousevia trendejä sekä muita huomionarvoisia kehitysnäkymiin mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Verkostopuolustuksen ja ilmatorjunnan näkökulmasta digitalisaation kannalta keskeisiä ovat erityisesti tiedon hyödyntämiseen, keräämiseen ja jakamiseen liittyvät trendit, joihin läheisesti liittyvät myös teknologian kasvavan aseman ja voimakkaan verkottumisen trendit. Myös paikkasidonnaisuuden ja fyysisen läsnäolon merkitys taistelulentäällä jatkaa vähenemistään. Lisäksi eri toimintojen välisiä rajoja ylitetään uusin tavoin. Kaikissa kolmessa analysoidussa ilmiössä käsitellään myös toimintatapojen uudistamista tai vähintään sen tarvetta. Tuoreimpia nousevia trendejä tutkimuksen valossa ovat miehittämättömien, osin robotiikkaa ja autonomiaa sivuavien järjestelmien hyväksikäyttö, tekoälyn hyödyntäminen ja teknologisten laitteiden koon pienentyminen. Ydinaineiston ulkopuolisiin lähteisiin suoritettua katsauksen perusteella myös lukuisia muita digitalisaation ilmiöitä tai teknologioita on siirtymässä sotilaskäyttöön. Yksiselitteisesti hiipuviksi tulkittavia trendejä on vaikea osoittaa. Eräänä trendianalyysissä tunnistettuna heikkona signaalina nähdään esimerkiksi tiedon hyödyntämisen vaihtoehtoinen kehityssuunta, jossa informaation määrää vähennettäisiin radikaalisti järjestelmien häirinnänsietoisuuden parantamiseksi.</p> <p>Tutkimuksen valossa digitalisaation ja verkostopuolustuksen välillä on havaittavissa yhteneväisyyksiä. Tuoreimpien digitalisaatioon liittyvien ilmiöiden suora esiintyminen analysoidussa ydinaineistossa ei ole laajamittaista, mutta trendianalyysin perusteella digitalisaatiota voi kytkeytyä luontevillakin tavoilla havaittuihin kehityslinjoihin. Digitalisaatio tulee vaikuttamaan sodankäyntiin vähintään kustannustehokkaan siviiliteknologian hyväksikäyttönä, joka vaikuttaa nykyhetkelläkin sekä uhkina että mahdollisuuksina. Haasteena on, että etenkin nopeasti nouseviin digitalisaation ilmiöihin voi liittyä ennustamattomuutta tai yllättäviä kehityssuuntia. Sodankäynnin luonne ei takaa vahvojenkaan trendien täydellistä ennustettavuutta. Se voi edellyttää puolustusjärjestelmän kehittämiseltä ketteryyttä ja aktiivisuutta. Vaikka kyber- ja tietoturvallisuus oli rajattu tutkimuksen ulkopuolelle, digitaalisen turvallisuuden merkityksen voi tulkita kasvavan.</p>	
<b>AVAINSANAT</b> digitalisaatio, verkottuminen, verkostoituminen, verkostokeskeinen sodankäynti, ilmatorjunta	

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	1
1.1 AIHEALUEEN ESITTELY .....	1
1.2 TUTKIMUSTILANNE .....	2
1.3 TUTKIMUSTEHTÄVÄ, VIITEKEHYS JA TUTKIMUKSEN RAKENNE .....	3
1.4 KÄSITTEET, NÄKÖKULMA JA RAJAAMINEN .....	5
1.5 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	6
1.6 TUTKIMUKSEN LÄHDEMATERIAALI JA LÄHDEKRITIIKKIÄ .....	11
2 DIGITALISAATIO TUTKIMUSKIRJALLISUUDESSA.....	12
2.1 YLEISTÄ DIGITALISAATIOSTA.....	12
2.2 YHTEISKUNNAN DIGITALISAATION KESKEISIÄ TEEMOJA.....	15
2.3 DIGITALISAATIO PUOLUSTUSVOIMISSA.....	21
2.4 DIGITALISAATION HAASTEITA JA KRITIIKKIÄ.....	23
2.5 DIGITALISAATION YHTEENVETOA .....	25
3 VERKOSTOPUOLUSTUS JA SEN TEOREETTINEN TAUSTA .....	27
3.1 VERKOSTOPUOLUSTUKSEN TAUSTAA.....	27
3.2 VERKOTTUMINEN JA VERKOSTOITUMINEN .....	30
3.3 TIEDON JA INFORMAATION NÄKÖKULMA .....	35
3.4 PÄÄTÖKSENTEON JA TOIMEENPANON NÄKÖKULMA.....	38
3.5 VERKOSTOPUOLUSTUKSEN KRITIIKKIÄ.....	40
3.6 VERKOSTOPUOLUSTUKSEN YHTEENVETOA.....	41
4 VERKOSTOPUOLUSTUS MODERNISSA ILMATORJUNNASSA.....	43
4.1 ESIMERKKEJÄ VERKOSTOPUOLUSTUKSEN TEEMOJEN AJANKOHTAISUUDESTA.....	43
4.2 VERKOSTOPUOLUSTUKSEN OSA-ALUEITA MODERNISSA ILMATORJUNNASSA.....	44
4.3 VERKOTTUNEEN ILMATORJUNNAN TEEMOJEN YLEISTETTÄVYYS .....	47
5 TRENDIANALYYSI – VERKOSTOPUOLUSTUKSEN VISIOISTA DIGITALISAATIOON JA MODERNIIN ILMATORJUNTAAN .....	48
5.1 TRENDIANALYYSIN AINEISTO.....	48
5.2 JATKUVUUTTA OSOITTAVAT TRENDIT.....	49
5.2.1 TIEDON HYÖDYNTÄMINEN .....	49
5.2.2 TEKNOLOGIAN KASVAVA ASEMA TIEDON KÄSITTELYSSÄ JA PROSESSEISSA.....	52
5.2.3 TIEDON JA TOIMINTOJEN VERKOTTUMINEN .....	55
5.2.4 PAIKKASIDONNAISUUDEN VÄHENEMINEN JA ETÄOPEROINTI .....	59
5.2.5 RAJAPINTOJA YLITTÄVÄ YHTEENTOIMIVUUS, KOKONAISSVALTAISUUS JA AVOIMUUS .....	62
5.2.6 TOIMINTATAPOJEN UUDISTAMISEN TARVE .....	65
5.3 NOUSEVAT TRENDIT .....	67
5.3.1 MIEHITTÄMÄTTÖMÄT JÄRJESTELMÄT, ROBOTIIKKA JA AUTONOMIA.....	68
5.3.2 TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMINEN.....	72
5.3.3 TEKNOLOGISTEN LAITTEIDEN KOON PIENENTYMINEN .....	74
5.4 YDINAINIESTON ULKOPUOLISIA HAVAINTOJA ASEVOIMIEN DIGITALISAATIOSTA .....	76
5.5 MUITA TRENDIANALYYSIN HAVAINTOJA JA YHTEENVETOA .....	79

6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	84
7 POHDINTA .....	94
7.1 YLEISTÄ.....	94
7.2 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTIA SEKÄ JATKOTUTKIMUSAIHEITA .....	97
LÄHTEET.....	99
1 JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET .....	99
1.1 PUOLUSTUSVOIMIEN ASIAKIRJAT .....	99
1.2 OPINNÄYTETYÖT .....	99
1.3 OHJESÄÄNNÖT JA OPPAAT .....	99
1.4 MUUT JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET.....	99
2 JULKAISTUT LÄHTEET .....	100
2.1 KIRJALLISUUS .....	100
2.2 ARTIKKELIT .....	104
2.3 MUUT JULKAISTUT LÄHTEET .....	112

# DIGITALISAATION KEHITYSNÄKYMÄT VERKOSTOPUOLUSTUKSEN VISIOIDEN JA MODERNIN ILMATORJUNNAN NÄKÖKULMASTA

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Aihealueen esittely

Arkisiin toimintoihimme, ympäristöömme ja koko yhteiskuntaamme liittyy yhä enemmän digitaaliteknologiaa. Koska tekniikka on kehittynyt kautta aikojen, digitalisaation käsite voi kuulostaa jopa itsestäänselvyydeltä, johon ei liity mitään yllättävää. Digitalisaatioon liittyvät mielikuvat voivat herättää myös negatiivisia tunteita ja kysymyksiä. Erilaisiin tunteisiin voi vaikuttaa myös aiheen saama laaja julkisuus. Suomessa aihe on saanut julkisuutta erityisesti viime vuosina, esimerkiksi vuoden 2015 hallitusohjelmassa ja siihen liittyneissä kärkihankkeissa<sup>1</sup>. Menneillään olevaan kehityskulkuun on havahduttu myös muualla maailmassa. Sen on arvioitu merkitsevän jopa neljättä teollista vallankumousta<sup>2</sup>. Myös digitalisaatioon tarkemmin perehtyessään voi havaita, että kyse on laajemmastakin ilmiöstä kuin pelkästä teknologian yleisestä kehitymisestä ja leviämisestä. Merkkejä on myös tätä kokonaisvaltaisemmista muutoksista.

Digitalisaation vaikutuksia on perusteltu tutkia myös Puolustusvoimissa. Tutkimuksen sotateollinen viitekehys on muodostettu etenkin vuosituhanen alussa esiintyneen verkostopuolustuksen käsitteen ja siihen liittyneiden visioiden ympärille. Myös verkostopuolustuksen visioihin on liittynyt ajatuksia menneillään olevasta vallankumouksesta<sup>3</sup>. Verkostopuolustuksen

---

<sup>1</sup> Valtioneuvoston kanslia: *Ratkaisujen Suomi*, Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma, 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015, s. 26. [[http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi\\_FI\\_YHDISTETTY\\_netti.pdf](http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf)], luettu 31.1.2018.

<sup>2</sup> Schwab, Klaus: *The Fourth Industrial Revolution*. Portfolio Penguin, Great Britain 2017, s. 6–9.

<sup>3</sup> Hyytiäinen, Mika: Verkostopuolustus tulevaisuuden rakentamisena, Voiko pienikin maa rakentaa tulevaisuutensa, *Tuleva sota, Nykyhetki ennakkointien valossa*. Hyytiäinen, Mika (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, Julkaisusarja 2, Tutkimuslustoista nro 4, Edita, Helsinki 2018, s. 189.

näkökulma sotataitoon, tässä työssä erityisesti operaatiotaitoon ja taktiikkaan, liittyy niin sanottuun verkottumiseen tai verkostoitumiseen. Kyse on ilmauksista, joita voi kuulla toisteltavan modernien järjestelmien tai taistelutapojen vahvuuksina. Tutkimuksessa erityistarkastelussa on ilmatorjunta, jonka yhteydessä verkottumista voi havaita käsiteltävän usein. Työssä syvennyttään tarkastelemaan verkostopuolustuksen ja siihen liittyvien teorioiden näkökulmasta sitä, millaisia merkityksiä kyseisiin käsitteisiin nivoutuu. Samalla tarkoituksena on tutkia sitä, millaisia verkostopuolustuksen ilmenemismuotoja sodankäyntiin liittyy nykyisin tai lähitulevaisuudessa.

Digitalisaatiossa korostuvat tulevaisuuden mahdollisuudet. Tämä tutkimus tarkastelee tulevaisuuden kehitysnäkymiä kuitenkin myös menneisyyden valossa. Voidaan ajatella, että vuosittu-hannen alussa esitettyjen verkostopuolustuksen visioiden, viimeaikaisten digitalisaatiokäsitysten ja erityistarkastelussa olevan 2020-luvun ilmatorjunnan välille hahmottuu jatkumo, josta on erotettavissa myös suuntaa antavia kehityslinjoja. Kyseinen jatkumo ei määritä tulevaisuuden tarkkaa suuntaa, mutta voi tarjota näkökulmia sen arvioimiseen tai ennustamiseen.

## 1.2 Tutkimustilanne

Sotatieteellistä tutkimusta digitalisaatiosta on tällä hetkellä julkaistu suoraan kyseiseen käsitteeseen viitaten vain vähän. Sotatekniikan laitoksen opinnäytteissä on tutkittu tulevaisuuden teknologiaa suhteellisen monipuolisesti, mistä tuoreita esimerkkejä ovat Rusilan (2017) diplomityö *Autonomisten järjestelmien vaikutus suorituskykyyn* tai Porkan (2018) pro gradu -tutkielma *esineiden internetistä sotilaskäytössä*. Tätä tutkimusta suoritettaessa työn alla on ollut myös Baumgartnerin diplomityö digitalisaation vaikutuksista Puolustusvoimiin. Digitalisaatiota läheisesti sivuavia sotataidon tutkimusalan opinnäytteitä on sekä julkaistu että työn alla. Niin sanottujen arjen ratkaisujen sotilaskäyttöä on tutkittu esimerkiksi Koivulan (2017) diplomityössä *Paikallispuolustuksen johtamisratkaisun kehittäminen ja toiminta verkostoissa* sekä useissa pro gradu -tutkielmissa. Töissä tutkitaan sitä, miten digitalisaatioon liittyvää arjen teknologiaa voisi hyödyntää tulevaisuudessa myös taistelukentällä.

Verkostopuolustuksen kehittämiseen kytkeytynyt sotatieteitä sivuava tutkimus perustuu pääosin ei-julkiseen aineistoon. Opinnäytteissä verkostopuolustusta sivuavat yleisesikuntaupseerikurssin diplomityöt kuten Karsikkaan (2007) *Maavoimien verkostokeskeisen tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri ja sen toteuttaminen* tai Rainnon (2004) *Maavoimayhtymän ilmatorjunnan johtamisjärjestelmän yhteensovittaminen 2010-luvun verkostopuolustukseen* sekä Kärkkäisen (2011) esiupseerikurssin tutkielma *Kognitiiviset tietoliikenneverkot verkostopuolustuksessa*.

Sotatieteiden ulkopuolella digitalisaatioon on viime vuosina liittynyt laajasti tutkimushankkeita, joista osoituksena ovat lukuisat Valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoiminnan raportit<sup>4</sup>. Tutkimushankkeiden aihealueet ovat sivunneet muun muassa tekoälyä useista eri näkökulmista, osaamista ja työllisyyttä, julkishallintoa ja kuntia sekä digitaalisia palveluekosysteemejä ja alustoja. Kotimaisia ei-sotatieteellisiä tutkimuksia ja opinnäytteitä digitalisaatiosta on useita. Niistä keskeisimpiä ovat väitöskirjat, kuten Haukijärven (2016) *Strategizing Digitalization in a Finnish Higher Education Institution*, tai Lipiäisen (2014) *Digitization of the Communication and Its Implications for Marketing*. Tämän tutkimuksen kannalta kiinnostava on myös Koiviston (2017) pro gradu -tutkielma *Puolustusministeriön hallinnonalan digitalisaation ohjaus*.

### 1.3 Tutkimustehtävä, viitekehys ja tutkimuksen rakenne

Tutkimustehtävänä on hahmottaa digitalisaation kehitysnäkymiä verkostopuolustuksen visioiden ja modernien verkottuneiden järjestelmien näkökulmasta. Tutkimustehtävän muotoutumiseen on vaikuttanut tutkimusaihetta tilanneen tahon tietotarve digitalisaation vaikutuksista asejärjestelmiin ja verkostopuolustukseen. Tutkimuksen taustalla vaikuttaa oletus, että vuosituhannen alun verkostopuolustuksella on myös nykyaikaisia ilmenemismuotoja. Sellaisia tulkitaan sivuttavan myös modernien järjestelmien näkökulmaa edustavassa ilmatorjunnassa.

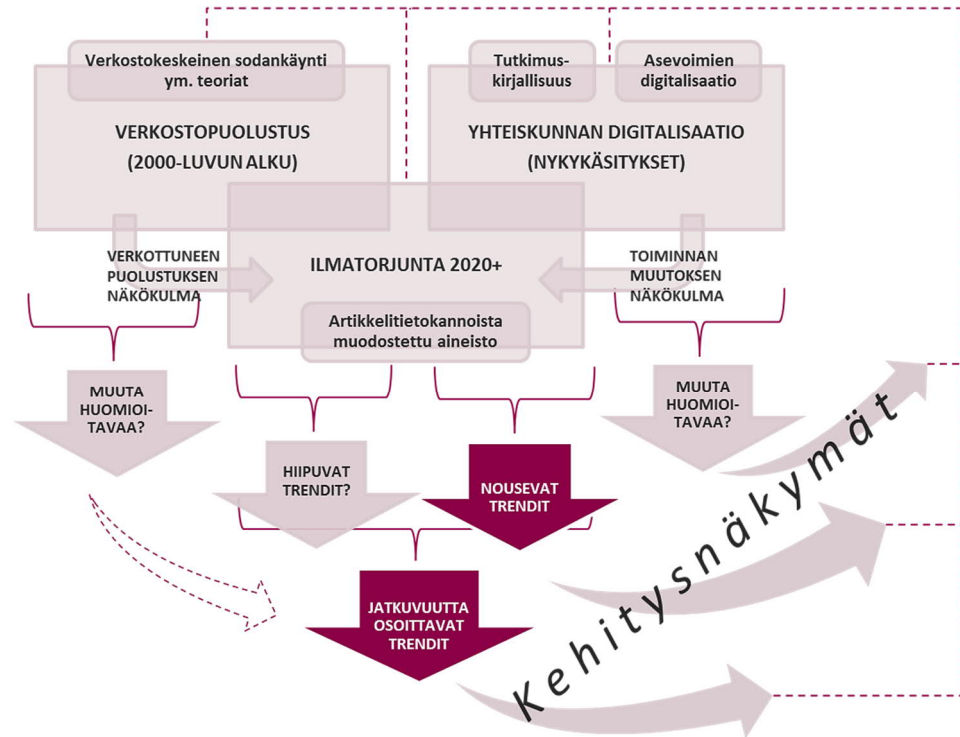
Tutkimuksen pääkysymys on: *Mitkä ovat digitalisaation kehitysnäkymät verkostopuolustuksen visioiden ja modernin ilmatorjunnan näkökulmasta?*

Pääkysymystä tuetaan seuraavilla alakysymyksillä:

1. *Mitä digitalisaatiolla tarkoitetaan?*
2. *Mitä verkostopuolustuksella tarkoitetaan?*
3. *Miten verkostopuolustuksen visiot ilmenevät 2020-luvun ilmatorjunnassa?*
4. a) *Mitkä teemat esiintyvät sekä verkostopuolustuksen visioissa, viimeaikaisissa digitalisaatiokäsityksissä että 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä aineistossa?*  
 b) *Mitkä teemat esiintyvät viimeaikaisissa digitalisaatiokäsityksissä ja 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä aineistossa, mutta eivät verkostopuolustuksen visioissa?*

<sup>4</sup> Hankkeita ja niihin liittyviä raportteja muun muassa: Robotiikan ja tekoälyn sääntelyn ja hyväksikäytön etiikka sekä yhteiskunnallinen hyväksyttävyys; Kuntien digitaalisen toiminnan ja päätöksenteon kehittäminen sekä digitalisaation mahdollistaman säästöpotentiaalın tarkentaminen (2019); Tekoäly-tutkimuskokonaisuus (2018, esim. Tekoälyn kokonaiskuva ja kansallinen osaamiskartoitus); Osaaminen ja työllisyys digimurroksessa; Digimuutoksessa onnistumisen eväät; Julkishallinnon digitalisaatio – tuottavuus ja hyötyjen mittaaminen (2017) sekä Miten saadaan digitaaliset palveluekosysteemit ja alustat Suomen menestystekijäksi? (2016).

- c) Millaisia digitalisaation teemoja ilmenee tutkimuksessa havaituista asevoimia käsittelevistä lähteistä, jotka eivät sisälly ydinaineistoon?
- d) Mitä muita mahdollisesti merkityksellisiä seikkoja trendianalyyssissä ilmenee, jää avoimeksi tai osoittautuu epäselväksi?



Kuva 1: Tutkimuksen viitekehys

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys (kuva 1) havainnollistaa paitsi tutkimuksen keskeisiä aiheita ja käsitteitä, myös asetelmaa, jolla pääkysymyksen mukaisia digitalisaation kehitysnäkymiä hahmotetaan. Viitekehysten yläosaan on kuvattu tutkimuksen keskeisimmät teoreettiset aihealueet. Syy, miksi verkostopuolustus on kuvattu yläosan vasempaan ja digitalisaatio oikeaan reunaan perustuu niiden muodostaman ajallisen perspektiivin havainnollistamiseen. Verkostopuolustusta tarkastellaan pääosin vuosituhaten vaihteeseen ajoittuneiden käsitysten ja teorioiden pohjalta, kun taas digitalisaatiota pääosin sen tuoreimpien määritelmien ja sitä käsittelevien ajankohtaisten julkaisujen valossa. Modernin ilmatorjunnan ajatellaan sivuavan molempia aihealueita, minkä vuoksi se on kuvattu viitekehysten keskiosaan.

Teoriakatsaus digitalisaatioon muodostetaan vastaamalla ensimmäiseen alakysymykseen (luku 2). Verkostopuolustukseen liittyvää teoriaa tarkastellaan vastaamalla toiseen alakysymykseen (luku 3). Kumpaakin teoreettista osa-aluetta peilataan tutkimuksen soveltavassa vaiheessa



2020-luvun ilmatorjuntaan. Modernin ilmatorjunnan tulkitaan edustavan paitsi modernien asejärjestelmien näkökulmaa myös rajattua esimerkkiä verkostopuolustuksen nykyaikaisista ilmenemismuodoista. Ilmatorjunnan suhdetta verkostopuolustukseen tarkastellaan vastaamalla kolmanteen alakysymykseen (luku 4).

Viitekehyksen alaosan nuolikuvioista ilmenee myös perusajatus, johon perustuu tutkimuksen niin sanottu trendianalyysivaihe (alakysymys 4a–d, luku 5). Keskellä oleva nuoli havainnollistaa vahvoja, jatkuvuutta osoittavia trendejä, jotka sivuavat sekä vuosituhannen vaihteen käsitteitä, modernia ilmatorjuntaa että nykyaikaisuuksia digitalisaatiosta. Sen oikealla puolella oleva nuoli edustaa nousevia ja tuoreita trendejä, jotka ilmenevät selkeässä muodossa lähinnä modernista ilmatorjunnasta ja nykyaikaisista digitalisaatiokäsityksistä. Muut nuolet osoittavat mahdollisia merkityksellisiä trendianalyysin havaintoja, joista erityisesti oikeanpuoleisimpia, tuoreimpia digitalisaatioon liittyviä havaintoja tarkastellaan lyhyesti myös muiden asevoimien osalueiden kuin ilmatorjunnan näkökulmasta. Kaareutuvat nuolet havainnollistavat tutkimuksen johtopäätöksiä digitalisaation kehitysnäkymistä ja katkoviivat sitä, kuinka tulkituilla kehitysnäkymillä voi olla vaikutuksia tutkimuksessa tarkasteltujen ilmiöiden tulevaisuuteen.

#### 1.4 Käsitteet, näkökulma ja rajaaminen

*Digitalisaatiolla* tarkoitetaan viime aikoina vakiintuneiden määritelmien mukaista *kokonaisvaltaista toimintatapojen uudistamista, joka sisältää myös uusien digitaalisten teknologioiden käyttöönottoja*. Digitaalisilla teknologioilla tarkoitetaan muun muassa analytiikkaa, big dataa, mobiiliteknologioita, pilvipalveluita, robotiikkaa, sosiaalista mediaa ja esineiden internetiä.<sup>5</sup> Digitalisaatio sekoitetaan helposti digitointiin, jolla tarkoitetaan tiedon teknistä siirtämisprosessia digitaaliseen muotoon. Digitaalisten teknologioiden käyttö täydellä skaalalla merkitsee kuitenkin muutosta, jossa huomiota on kiinnitettävä myös sosiotekniseen prosessiin.<sup>6</sup>

*Verkostopuolustus* on vuosituhannen alussa käytetty työnimi, jolla kuvataan alueellisen puolustuksen kehittämistä. Verkostopuolustuksessa tulevaisuuden tietoverkot ja erilaiset verkostot yhdessä kehittyneiden tieto- ja asejärjestelmien kanssa mahdollistavat yhteisoperaatioiden ja alu-

<sup>5</sup> InterActive Terminology for Europe: *Digitalisaatio*. [<http://iate.europa.eu/FindTermsByLilId.do?lilId=3569111&langId=fi>], luettu 1.2.2018; Valtiokonttori: *Valmiina digikiriin*. Digitalisaatio ja virastojen tuottavuuspotentiaali, Loppuraportti, Valtiokonttorin selvitys 18.12.2015, s. 11.

<sup>6</sup> Tilson, David; Kalle Lyytinen & Carsten Sørensen: Digital Infrastructures: The Missing IS Research Agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 2010, s. 749.

eellisten operaatioiden toteuttamisen sekä viranomaisyhteistoiminnan kokonaisuomaanpuolustuksen päämäärien saavuttamiseksi.<sup>7</sup> Aikakaudesta, tahosta tai tietyn maan asevoimista riippumattomana yleiskäsitteenä tutkimuksessa käytetään tarvittaessa termiä *verkottunut puolustus*.

Tutkimuksen näkökulma kumpuaa sotataidon, erityisesti taktiikan ja operaatiotaidon lähestymistavoista. Teknologian itsensä sijaan tutkitaan sitä, miten sen kehitys vaikuttaa toimintaan tai taktisesti merkitseviin ilmiöihin. Sotataidollisesti näkökulmaa tarkentaa lisäksi verkostopuolustuksen teorian muodostama viitekehys. Myös edellä lainattu toimintatapoja korostava digitalisaation määritelmä tukee näkökulmaa. Fokusoituminen digitalisaation osalta erityisesti toimintaan tarkoittaa sitä, että tutkimus ei käsittele systemaattisesti jokaista digitalisaatioon liittyvää teknologiaa. Keskeisiä teknologioita tutkimuksessa kuitenkin sivutaan toistuvasti.

Tutkimuksen trendianalyysissä yksityiskohtaisin tarkastelu kohdistuu moderniin ilmatorjuntaan, mikä merkitsee vain rajattua osaa digitalisaation tai verkostopuolustuksen ulottuvuuksista. Analysoitava aineisto rajautuu yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta taktiselle ja operatiiviselle sodankäynnin tasolle, jolloin myös muodostettavien tulosten voi tulkita tarjoavan tutkimustietoa ensisijaisesti kyseisille sodankäynnin tasoille. Tutkimuksessa arvioidaan kuitenkin myös niiden laajempaa yleistettävyyttä. Tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu tietoisesti tietoturvan, kyberturvallisuuden ja hybridisodankäynnin ilmiöt. Ne sivuavat laajasti digitaalisen maailman kehitystä ja turvallisuutta, mutta laajuutensa vuoksi vaatisivat miltei omat tutkimuksensa. Tuloksia arvioitaessa on huomioitava myös se, että tutkimus perustuu julkiseen aineistoon, mikä voi osaltaan rajata tutkimuksessa muodostuvia havaintoja ja johtopäätöksiä.

## 1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus perustuu laadulliseen lähestymistapaan. Laadullisen tutkimuksen todetaan merkitsevän kirjoitetaan laajaa tutkimustyyppien joukkoa. Useimmiten tutkimuskirjallisuus kuvaa erilaisille laadullisille tutkimuksille yhteisiä piirteitä. Niitä ovat esimerkiksi tiedon hankinnan kokonaisvaltaisuus, luottamus ihmiseen mittavälineiden sijaan tai induktiivinen analyysi, jossa hypoteesien testaamisen sijaan aineistoa tarkastellaan seikkaperäisesti ja siitä pyritään nostamaan esiin odottamattomiakin seikkoja. Myös kohdejoukko on usein satunnaisotannan sijasta valittu

---

<sup>7</sup> Kaskeala, Juhani: *The Finnish RoadMap to Network Enabled Defence*. Esitys Royal United Services Institute (RUSI) konferenssissa, Managing the Juggernaut, the RUSI Malvern C41STAR Conference 2005, 21.9.2005a.

tarkoituksenmukaisesti, tutkimussuunnitelma on joustava ja tapauksia käsitellään ainutlaatuisina. Laadullisen tutkimuksen yksiselitteinen määrittely on kuitenkin vaikeaa.<sup>8</sup> Usein laadullisen lähestymistavan taustalla on se, että tutkimusyksiköiden suuri joukko ja tilastollinen argumentaatiotapa ei ole joko tarpeen, tai edes mahdollista. Käytännössä laadullinen analyysi koostuu kahdesta vaiheesta, havaintojen pelkistämisestä ja arvoituksen ratkaisemisesta.<sup>9</sup> Ilmaus havaintojen pelkistämisestä ja arvoituksen ratkaisemisesta kuvastaa suoritettua tutkimusta. Tutkimus edellytti alusta alkaen laajojen aihealueiden pelkistämistä hallittaviksi kokonaisuuksiksi. Pelkistämistä edellytti myös tutkittavien ilmiöiden yhtäläisyyksien ja eroavaisuuksien havainnointi työn soveltavassa osuudessa. Arvoituksen ratkaisemista merkitsivät edellä mainituista havainnoista suoritettut tulkinnat ja johtopäätökset.

Tutkimusprosessissa on ollut piirteitä hermeneuttisesta metodista, jossa tutkija kulkee tutkimuskohteensa ympärillä ja astuu välillä kulkemansa kehän ulkopuolelle tarkastelemaan muiden lähteiden, ilmiöiden ja asioiden avulla tutkimuskohdettaan. Tutkimusaineistoon palataan yhä uudelleen ja tutkimustekstiä kirjoitetaan koko ajan. Mikäli tutkija kokee ymmärtäneensä asioita uudella tavalla, hän palaa jälleen tutkimusaineistoonsa tarkastamaan tulkintansa.<sup>10</sup> Tälle tutkimusprosessille tunnusomaista oli se, että kirjoittaminen aloitettiin tietoisesti aikaisin, miltei välittömästi aiheen määrittämisen jälkeen. Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2016) mukaan laadullisessa tutkimuksessa kirjoittamisella on merkittävä ja uutta luova asema. Myös uudelleen kirjoittamisella, kokeilemisellä ja korjaamisella, haetaan prosessin eri vaiheissa tutkimuksen vakuuttavuutta.<sup>11</sup> Kyseinen lähestymistapa osoittautui antoisaksi ja tuki merkittävästi aihealueiden analyttistä tarkastelua. Runsaalla kirjoittamisella oli toisaalta myös kääntöpuolensa. Tutkimusraportin viimeistelyvaiheessa kirjoitettuja sisältöjä oli väistämättä tiivistettävä. Kyse oli aikaa vievästä työvaiheesta, jossa erityisesti lähteiden käyttö edellytti täsmällisyyttä.

Tutkimuksen tarkoitus on ollut kartoittava, mutta siihen on lukeutunut piirteitä myös ennustavasta tutkimuksesta. Kartoittava tutkimus pyrkii ymmärtämään sitä, mitä on tapahtumassa selvittäen vähemmän tunnettuja ilmiöitä ja etsien uusia näkökulmia sekä myös uusia ilmiöitä. Ennustavia piirteitä syntyy siitä, että tutkimus pyrkii hahmottamaan myös ilmiöiden mahdollisia seurauksia.<sup>12</sup> Tutkimuksen ennustavan luonteen vuoksi sopivan tutkimusasetelman valintaan käytettiin runsaasti aikaa – vielä tutkimuksen teoreettisen taustan kirjoittamisvaiheessakin.

<sup>8</sup> Hirsjärvi, Sirkka, Pirkko Remes & Paula Sajavaara: *Tutki ja kirjoita*. 21. painos, Tammi, Helsinki 2016, s. 163–164.

<sup>9</sup> Alasuutari, Pertti: *Laadullinen tutkimus*. Vastapaino, Tampere 1994, s. 30.

<sup>10</sup> Vilkka, Hanna: *Tutki ja kehitä*. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu 2005, s. 149–150.

<sup>11</sup> Hirsjärvi, Remes & Sajavaara (2016), s. 266.

<sup>12</sup> Sama, s. 138.

Pelkkää luonteeltaan referoivaa tutkimusta haluttiin välttää, mutta toisaalta oli pohdittava myös sitä, kuinka tulevaisuutta arvioitaessa taataan riittävä kosketuspinta olemassa olevaan tietoon.

Tutkimusasetelman kannalta kiinnostavaksi osoittautuivat vuosituhannen alkuun ajoittuneet verkostopuolustuksen visiot. Kun parhaillaan arvioidaan digitalisaation vaikutuksia ja sen tarjoamia mahdollisuuksia nykytiedon valossa, vastaavalla tavalla myös verkostopuolustuksen kehittäjät ovat pohtineet tulevaisuuden kehitysnäkymiä silloisiin tietoihin ja ilmiöihin peilaten. Tutkimuksessa päädyttiin tarkastelemaan verkostopuolustuksen visioiden ja nykytiedoin tulkittavien ilmiöiden, digitalisaation ja modernin ilmatorjunnan, välisiä yhteyksiä. Kuten Mannermaa (2003) toteaa, tulevaisuuden skenaarioiden hahmottaminen perustuu pohjimmiltaan nykyhetken ymmärrykseen – eri tieteenalojen tuottamien tulosten ja muun aineiston avulla. Ollakseen perusteltavissa, skenaarioiden tai muiden tulevaisuutta koskevien arvioiden ei tulisi olla ristiriidassa sen ymmärryksen kanssa, joka tutkimuksessa on saavutettu nykyhetkestä ja menneisyydestä.<sup>13</sup> Vaikka tasaisen kehityksen vaiheissa tulevaisuuden voi ajatella olevan ainakin osittain ennakoitavissa, on kuitenkin olennaista huomata, että murrosvaiheessa yhteiskunnallisen kehityksen ennakoitavuus katoaa. Tällöin tulevaisuudentutkimuksessa on tyydyttävä etsimään murroksen merkkejä ja hahmottamaan sitä seuraavia mahdollisia kehityskulkuja.<sup>14</sup>

Keskeiset analyysimenetelmät erityisesti tutkimuksen alkuvaiheessa ovat olleet käsiteanalyysi ja sisällönanalyysi. Käsiteanalyysi tarkoittaa kahta seikkaa. Ensiksi on esitettävä peruskäsitteet ja niiden suhteet valitussa teoriakontekstissa. Sen lisäksi tulisi pyrkiä määrittelemään eri käsitteiden välisiä suhteita. Sen ei tulisi olla jäykkää ja mekaanista, itse tutkimusta hidastavaa.<sup>15</sup> Sisällönanalyysi merkitsee perusanalyysimenetelmää, johon perustuvat useimmat laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmät – erityisesti, mikäli sisällönanalyysi ymmärretään väljänä teoreettisena kehyksenä kirjoitettujen, kuultujen tai nähtyjen sisältöjen analyysille. Käytännössä sisällönanalyysi merkitsee huomionarvoisten seikkojen erottamista ja keräämistä, luokitte-  
telua, teemoittelua ja tyypittelyä sekä yhteenvedon muodostamista.<sup>16</sup> Edellä mainittuja analyysimenetelmiä käytettiin tutkimuksen alusta saakka. Heti keskeisten käsitteiden määrittelyn jälkeen aloitettiin taustakirjallisuuteen perehtyminen. Koska sekä digitalisaatio että verkostopuolustus olivat aihealueina tutkijalle varsin uusia, niihin perehtymistä suoritettiin osin yhtäaika-  
sesti. Aiheisiin liittyviä yleisiä asiakokonaisuuksia kirjattiin alusta alkaen muistiinpanoiksi,

<sup>13</sup> Mannermaa, Mika: Tulevaisuudentutkimus tieteellisenä tutkimusalana, *Miten tutkimme tulevaisuutta?* Vapaa-  
vuori, Matti & Santtu von Bruun (toim.), Toinen uudistettu painos, Tammer-Paino Oy, Tampere 2003, s. 28.

<sup>14</sup> Sama, s. 34–35.

<sup>15</sup> Hirsjärvi, Remes & Sajavaara (2016), s. 154

<sup>16</sup> Tuomi, Jouni & Anneli Sarajärvi: *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 9. uudistettu painos, Tammi, Hel-  
sinki 2009, s. 91–94.

joita jo alkuvaiheessa ryhdyttiin teemoittelemaan alustaviin kategorioihin eri otsikoiden alle. Kategoriat tarkentuivat perehtymisen edetessä. Niihin kirjatuihin muistiinpanoista oli sujuva koota raportoitavat asiakokonaisuudet. Osittain teemoittelun pohjalta muodostui myös tutkimusraportin lukujen rakenne, joka toki väistämättä myös päivittyi tutkimusprosessin aikana.

Tutkimuksen soveltavan vaiheen keskeisenä analyysimenetelmänä sovellettiin trendianalyysiä, jolla tarkoitetaan tulevaisuuden ennustamista sen perusteella, mitä historiasta tiedetään. Trendianalyysissä oletetaan, että tulevaisuus jatkuu ainakin osin sellaisena, kuin se historian valossa näyttääytyy. Periaatetta kutsutaan ekstrapoloinniksi. Siihen liittyvää trenditietoa voidaan tarkentaa ilmiön muuttumista kuvaavilla laskelmilla.<sup>17</sup> Trendianalyysi lukeutuu menetelmäkokonaisuuteen, jota kutsutaan monitoroinniksi, toimintaympäristön muutosten tarkasteluksi tai muutostoimien tarkasteluksi. Monitoroinnissa pidetään yllä tietämystä vallitsevista ilmiöistä, kuten esimerkiksi ympäristön tilasta, millä pyritään varautumaan muutoksiin ja vaihteluihin hyvissä ajoin.<sup>18</sup> Muutoksen monitoroinnin todetaan olevan eräitä tärkeimpiä nykytilan analysoinnin muotoja ja edellyttävän jopa reaaliaikaista kykyä seurata ja kartoittaa tapahtuvia muutoksia<sup>19</sup>.

*Trendin* todetaan merkitsevän tarkasteltavan ilmiön yleistä kehityssuuntaa, suuntausta, virtausta tai muutoksen kaavaa. Trendi on nykyhetken piirre, joka voi jatkua tulevaisuudessa jäljitettävällä tai ennakoitavalla tavalla. Ilmiöt tai niiden joukot, jotka määrittävät hallitsevasti tulevaisuuden suuntaa ja kokonaislaatua, voivat merkitä myös niin sanottua *megatrendiä*. Kyse on yhtenäisestä kokonaisuudesta, jolla on selkeä kehityssuunta, ja jonka uskotaan vahvasti jatkuvan myös tulevaisuudessa.<sup>20</sup> *Heikon signaalin* todetaan merkitsevän tapahtumaa tai ilmiötä, jota voidaan pitää ensimmäisenä ilmauksena muutoksesta. Sitä kuvataan myös uudeksi, äkillisesti ilmestyväksi ilmiöksi, tapahtumaksi tai kehityskuluksi, joka ei ole ollut ennakoitavissa, mutta sen seurausvaikutukset muuhun kehitykseen voivat olla merkittäviä.<sup>21</sup>

<sup>17</sup> Metsämuuronen, Jari: Tulevaisuustutkimuksen perusteet, *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. 2. laitos, 3. uudistettu painos, Gummeruksen kirjapaino Oy, Vaajakoski 2006, s. 281.

<sup>18</sup> Rubin, Anita: *Trendianalyysi tulevaisuudentutkimuksen menetelmänä*, 2004a. Tulevaisuudentutkimus tiedonalana. TOPI – Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto. [<https://tulevaisuus.fi/menetelmat/toimintaympariston-muutosten-tarkastelu/trendianalyysi-tulevaisuudentutkimuksen-menetelmana/>], luettu 29.3.2019.

<sup>19</sup> Vapaavuori, Matti: Muutoksen monitorointi ja merkityksen antaminen havaituille muutoksille, *Miten tutkimme tulevaisuutta?* Vapaavuori, Matti & Santtu von Bruun (toim.), Toinen uudistettu painos, Tammer-Paino Oy, Tampere 2003, s. 180.

<sup>20</sup> Rubin (2004a).

<sup>21</sup> Rubin, Anita: *Heikot signaalit*, 2004b. Tulevaisuudentutkimus tiedonalana. TOPI – Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto. [<https://tulevaisuus.fi/menetelmat/toimintaympariston-muutosten-tarkastelu/heikot-signaalit/>], luettu 29.3.2019.

Tutkimuksessa arvioidut trendit perustuvat edellä kuvattuihin periaatteisiin. Lukuun 5.2 koottiin teemoja, jotka yhdistävät sekä vuosituuhannen vaihteen visioita, nykykäsityksiä että tuoreimpia tulevaisuusvisioita. Ne tulkittiin jatkuvuutta osoittaviksi trendeiksi. Vaikka tämän tutkimuksen perusteella trendien voimakkuutta on vaikea määrittää, joidenkin jatkuvuutta osoittavien trendien kohdalla on mahdollista, että ne viittaisivat jopa megatrendeihin. Selviksi, mutta edellä mainittuja nousujohteisemmiksi trendeiksi analysoitiin teemoja, jotka ilmenevät tuoreista, lähinnä vuoden 2015 jälkeen julkaistuista lähteistä. Lukuun 5.3 koottiin nousevat trendit, jotka ilmenivät yksityiskohtaisesti analysoidusta ydinaineistosta ja lukuun 5.4 sellaiset trendit, joita havaittiin yleisessä asevoimien digitalisaatiota tarkastelleessa katsauksessa. On mahdollista, että osa nouseviksi määritetyistä trendeistä viittaa heikkoihin signaaleihin. Heikkojen signaalien systemaattiseen määrittämiseen tutkimuksessa ei pyritty, mutta niitä tulkittiin sivuttavan sellaisissa aineiston teemoissa, jotka poikkesivat selkeästi muista arvioiduista trendeistä.

Trendianalyysin aikana päähuomio keskittyi modernia ilmatorjuntaa käsittelevään aineistoon, josta pyrittiin tunnistamaan digitalisaatioon ja verkostopuolustukseen liittyviä teemoja tutkimuksen teoreettisen taustan valossa. Analyysin aluksi aineistoon luotiin yleinen katsaus, jonka avulla tunnistettiin pääosa trendianalyysin määrittämistä teemoista. Ne muodostivat alustavat tarkasteltavat kategoriat aineiston yksityiskohtaiseen analyysiin. Sähköiseen muotoon siirrettyyn aineistoon ryhdyttiin merkitsemään eri teemoihin viittaavia seikkoja värikoodeilla, joita oli helppo suodattaa ja tarkastella tarvittaessa kategorioittain. Samalla tunnistettiin lisää mahdollisia merkityksellisiä teemoja. Teemoja hahmotettaessa avainasemassa olivat digitalisaatioon ja verkostopuolustukseen liittyneet keskeiset lähteet. Pääosa teemoista oli tunnistettavissa teoriataustan valossa varsin vaivattomasti, mutta joidenkin merkitys edellytti tarkempaa syventymistä digitalisaatioon tai verkostopuolustukseen. Yksityiskohtaisen analysoinnin jälkeen suoritettiin lopullinen teemoittelu, jossa osa värikoodein määritetyistä kategorioista päätyi sellaisenaan omiksi teemoikseen, kun taas osa kategorioista yhdistettiin. Alustavia tulkintoja ja johdopäätöksiä tehtiin trendianalyysin aikana, mutta lopullisesti analyysin raportointivaiheessa.

Trendianalyysi ei perustunut muutosten reaaliaikaiseen seuraamiseen puhumattakaan niitä täydentäviin laskelmiin, vaan lähinnä yksittäisten aikalaisilmiöiden ja rajatun tutkimusaineiston laadulliseen tarkasteluun. Siksi voidaan puhua pikemminkin sovelletusta trendianalyysistä. Menetelmään kytkeytyvät periaatteet osoittautuivat kuitenkin käyttökelpoisiksi työkaluiksi opinäytteeseen, johon liittyy ennustavia piirteitä. Edellä kuvattu prosessi havainnollistaa kuitenkin reunaehtoja ja lähtökohtia, joihin myöhemmin esitettävät tulkinnat perustuvat. Trendianalyysin aineiston tarkempi kuvaus ja sen keskeinen sisältö on raportoitu luvussa viisi.

## 1.6 Tutkimuksen lähdemateriaali ja lähdekritiikkiä

Kun tutkitaan kirjallista aineistoa, joka ei perustu itse kenttätyönä koottuun aineistoon, on hyvä nähdä tutkimuksen lähdemateriaali kahtena kokonaisuutena: taustakirjallisuutena ja tutkimuksessa systemaattisesti tulkittuna ydinaineistona. Tutkimuksen kymmeniin, kenties satoihin lähteisiin ei ole käytännössä mahdollisuutta keskittyä samalla läpivalaisevalla intensiteetillä.<sup>22</sup> Tässä työssä *taustakirjallisuudella* tarkoitetaan erityisesti teoreettisen taustan muodostamisessa käytettyä digitalisaatioon ja verkostopuolustukseen liittyvää tutkimuskirjallisuutta. Tutkimuksen *ydinaineistolla* tarkoitetaan trendianalyysissä käytettyä 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevää aineistoa, johon on kohdistunut tutkimuksen yksityiskohtaisin tarkastelu.

Tutkimuksen taustakirjallisuus perustuu laajaan lähdeaineistoon. Digitalisaatioon liittyvää lähdeaineistoa oli runsaasti tarjolla, mikä mahdollisti aidosti tieteellisten julkaisujen hyödyntämisen. Yksittäisiä lähteitä valittiin myös kirjoittajan asiantuntemuksen tai kokemuksen perusteella. Digitalisaatiota käsittelevien lähteiden etuna oli myös niiden tuoreus. Verkostopuolustuksen teoriataustan muodostaminen edellytti runsasta tiedonhakua ja siihen liittyvä lähdeaineisto muodostui sirpaleisemmaksi kuin digitalisaatiota tarkasteltaessa. Etenkin verkostopuolustusta sivuvien kansainvälisesti tunnettujen perusteosten tulkittiin soveltuvan aiheen teoreettiseen sotataidolliseen tarkasteluun. Kotimainen lähdeaineisto muodostui Maanpuolustuskorkeakoulun julkaisuista sekä yksittäisistä muista lähteistä, kuten opinnäytteistä, ammattilehtien artikkeleista ja puolustusministeriön julkaisuista. Lähteiksi valittiin myös keskeisten verkostopuolustuksen kehittäjien ajatuksia, kuten silloisen Puolustusvoimain komentajan, Juhani Kaskealan, esityksiä ja puheita. Monet lähteistä olivat jopa 20 vuotta vanhoja, mikä oli väistämätöntä verkostopuolustuksen visioita tarkasteltaessa. Tärkeimpiä lähteitä on arvioitu liitteessä 1.

Analysoitavaa ydinaineistoa rajattiin tietoisesti tarkemmin kuin taustakirjallisuutta. Ydinaineisto muodostettiin 25 modernia ilmatorjuntaa käsittelevästä artikkelista, joiden keruumenettelmä on kuvattu luvussa 5.1. Artikkelit kerättiin pääosin sotilasalan aineistotietokantojen avulla. Aineistoon kerättiin tietoisesti eri maiden asevoimia käsitteleviä artikkeleita. Aidosti tieteellisiä artikkeleita oli vaikea löytää yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta. Myös ydinaineiston artikkeleiden eduksi on tulkittavissa niiden tuoreus. Ydinaineiston tarkka määrittely perustui riittävän rajatun kokonaisuuden muodostamiseen, mutta samalla tutkimuksen toistettavuuden varmistamiseen. Ydinaineisto on kuvattu ja arvioitu liitteessä 2.

<sup>22</sup> Hakala, Juha: *Uusi graduopas*. Gaudeamus, Helsinki 2008, s. 160.

## 2 DIGITALISAATIO TUTKIMUSKIRJALLISUUDESSA

Tässä luvussa vastataan alakysymykseen: *Mitä digitalisaatiolla tarkoitetaan?* Vastaus perustuu tutkimuksessa toteutettuun kirjallisuuskatsaukseen. Luku kuvaa myös keskeisimpiä digitalisaatioon liittyviä ilmiöitä ja teknologioita yhteiskunnan eri sektoreiden näkökulmasta. Puolustusvoimien digitalisaation nykytilaan luodaan tässä luvussa ainoastaan lyhyt katsaus.

### 2.1 Yleistä digitalisaatiosta

Digitalisaatio ei ole ilmiönä uusi. Sen vaikutukset ovat kuitenkin laajemmat kuin aiemmin on ajateltu.<sup>23</sup> Parviainen et al. (2017) toteavat digitalisaation olevan kuuma aihe erityisesti ei-tieteellisissä julkaisuissa. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen toteuttuaan he ovat havainneet digitalisaatioon liittyvien tieteellisten julkaisujen määrän vähitellen kasvaneen. Kirjallisuuden todetaan olevan kuitenkin hajanaista ja rajoittuvan teknologisiin näkökulmiin tai tiettyjen toimialojen ja sektoreiden tarkasteluun.<sup>24</sup>

Digitalisaation määritelmät vaihtelevat lähteestä riippuen. Kielitoimiston sanakirjan mukaan kyse on digitaali- ja tietotekniikan laajamittaisesta käyttöönnotosta ja hyödyntämisestä<sup>25</sup>. Vastaavia määritelmiä löytyy myös englanninkielisistä lähteistä<sup>26</sup>. Tyypillisesti digitalisaatiolla viitataan tekniikan hyödyntämiseen siten, että teknologia sulautuu yhä useampaan arkiseen asiaan yksilöiden ja yritysten arjessa<sup>27</sup>. Digitalisaatiota on kuvattu myös yhteiskunnalliseksi prosessiksi, jossa digitaalitekniikkaa integroidaan osaksi elämän jokapäiväisiä toimintoja teknologisen kehityksen uusia mahdollisuuksia hyödyntämällä<sup>28</sup>. Teknologisen kehityksen ohella on viitattu myös digitoinnin mahdollisuuksien kokonaisvaltaiseen hyödyntämiseen<sup>29</sup>. Myös digitointi – prosessi, jossa analoginen signaali muutetaan digitaaliseen muotoon – on merkinnyt vallankumousta. Kun kaikella digitaalisella informaatiolla on sama muoto, mahdollistuu prosessointi

<sup>23</sup> Valtiokonttori (2015), s.10.

<sup>24</sup> Parviainen, Päivi; Jukka Kääriäinen, Maarit Tihinen & Susanna Teppola: Tackling the digitalization challenge: how to benefit in digitalization in practice, *International Journal of Information Systems and Project Management*. Vol. 5, No. 1, 2017a, s. 65

<sup>25</sup> Kielitoimiston sanakirja: *Digitalisaatio*. [<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/digitalisaatio>], luettu 1.2.2018.

<sup>26</sup> InterActive Terminology for Europe: *Digitalisation*. [<http://iate.europa.eu/FindTermsByLilId.do?lilid=3569111&langId=en>], luettu 1.2.2018; Business Dictionary: *Digitalization*. [<http://www.businessdictionary.com/definition/digitalization.html>], luettu 1.2.2018.

<sup>27</sup> Kallionpää, Stella (toim.); Riitta Grönroos (toim.), Jari Manninen, Vesa Brandt & Marko Lepola: *Uuskasvun polut – Digitalisaation lupaus*. TeliaSonera Finland Oyj, Helsinki 2015, s.32.

<sup>28</sup> Lehto, Martti; & Pekka Neittaanmäki: Digitalisaatio muuttaa yhteiskunnan ja yksilöiden tapaa toimia, *Tiedepolitiikka*. Nro 41, 2016, s. 57.

<sup>29</sup> Alasoini, Tuomo: Digitalisaatio muuttaa työtä – millaista työelämää uudistavaa innovaatiopolitiikkaa tarvitaan? *Työpoliittinen Aikakauskirja 2/2015*, Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, s. 26.



samoilla teknologioilla. Tämä on poistanut rajoitteita alkuperältään erilaisten informaation lajien, niiden varastoinnin, siirron ja prosessointitekniikoiden osalta.<sup>30</sup>

Digitalisaatiolla tarkoitetaan kuitenkin laajempaa muutosta kuin pelkkää tiedon digitointia. Kyse on digitaalisten ratkaisujen laajamittaisesta hyödyntämisestä yksilön, organisaation ja yhteiskunnan toiminnassa.<sup>31</sup> Digitaalisten teknologioiden käyttö täydellä skaalalla merkitsee muutosta, jossa teknisen digitointiprosessin lisäksi huomiota on kiinnitettävä myös sosiotekniseen prosessiin<sup>32</sup>. *Erityisesti Suomessa digitalisaation määritelmät ovat viime vuosina liittyneet kokonaisvaltaiseen toimintatapojen uudistamiseen, johon todetaan liittyvän uusien digitaalisten teknologioiden käyttöönottoa tai digitaalisten ratkaisujen laajamittaista hyödyntämistä*<sup>33</sup>. Sanamuodot saattavat vaihdella, mutta toimintatapojen uudistaminen, toiminnan muutos tai toiminnan digitalisaatio ovat nousseet ainakin kotimaisissa määritelmissä keskeisiksi<sup>34</sup>.

Se, mitä toimintatapojen muutos tarkoittaa, riippuu näkökulmasta. Muutos on erilainen kuluttajan, kansalaisen tai työntekijän näkökulmasta, vaikka digitalisaation mahdollistava teknologia olisikin kaikissa samankaltainen.<sup>35</sup> Digitalisaatio tarjoaa mahdollisuuksia organisaation sisäiseen muutokseen, toisaalta se voi tarjota mahdollisuuksia organisaation ulkoisista muutoksista, mutta joskus se voi merkitä myös disruptiivista, koko organisaation toimintaympäristön muuttavaa muutosta. Digitalisaation ei tulisi rajoittua olemassa olevien prosessien digitalisointiin sellaisenaan. Oleellista on pohtia toimintaa uudesta perspektiivistä digitaalitekniikan mahdollistamana.<sup>36</sup> Tekniikan kehittämisen sijaan on uudistettava toimintaa tekniikan tarjoamien mahdollisuuksien rajoissa. Haasteena eivät ole tekniikan suorituskyky ja mahdollisuudet vaan se, kuinka niitä hyödynnettäisiin tehokkaammin.<sup>37</sup> Digitalisaatiota rajoittavat tekniikan sijaan ihmisten vakiintuneet toimintatavat<sup>38</sup>.

<sup>30</sup> Tilson, Lyytinen & Sørensen (2010), s. 749.

<sup>31</sup> Parviainen, Päivi; Maija Federley, Katri Grenman & Anu Seisto: *Osaaminen ja työllisyys digimurroksessa*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2017, Valtioneuvoston kanslia 2017b, s. 6.

<sup>32</sup> Tilson, Lyytinen & Sørensen (2010), s. 749.

<sup>33</sup> Parviainen et al. (2017), s. 6; Valtiokonttori (2015), s. 11; InterActive Terminology for Europe: *Digitalisaatio*; InterActive Terminology for Europe: *Digitalisation*.

<sup>34</sup> Esim. Jugner, Mikael: *Otetaan digiloikka! Suomi digikehityksen kärkeen*. Elinkeinoelämän keskusliitto EK, Huhtikuu 2015, s. 9; Kärki, Timur: *Toiminnan digitalisaatio – miten sudenkuopat vältetään, Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017, s. 84; Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien digitalisaatiokonsepti*. AM19514/27.12.2016, s. 2.

<sup>35</sup> Tuikka, Tuomo; Anu Seisto & Kaisa Vehmas: *Digi tukee vauvaa ja vaaria, Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 788.

<sup>36</sup> Parviainen et al. (2017a), s. 74.

<sup>37</sup> Rousku, Kimmo: *Johdanto, Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017, s. 12.

<sup>38</sup> Jugner (2015), s. 9.

Kuilu nykyisten toimintatapojen ja uusien, teknologian mahdollistamien toimintatapojen välillä nähdään tällä hetkellä suurena. Nykyisten ajattelutapojen todetaan pohjautuvan aikaan, jossa vuorovaikutus ja toiminta ovat onnistuneet parhaiten kasvokkain kohtaamalla. Myös organisaatioiden sekä työ- ja elinkeinoelämän todetaan rakentuvan edellisen ison murroksen, teollistumisen, luomien lainalaisuuksien ja rakenteiden varaan. Digitalisaation nähdäänkin merkitsevän aikaisempien ajatusmallien ja uusien mahdollisuuksien välisen kuilun kiinni kuromista.<sup>39</sup> Digitalisaatio merkitsee vallankumouksellista, toimintaa mullistavaa uudistamista. Ilman ajattelutapojen muutosta ja vanhan toiminnan kyseenalaistamista vaarana on, että digitalisaatio ymmärretään ainoastaan vanhojen toimintatapojen päälle rakennettuna automaationa, mikä tekisi prosesseista vain entistä kalliimpia. Toiminnan muutoksen todetaankin edellyttävän aktiivista tekemällä oppimista – ei liikaa suunnitellen vaan kokeilemalla.<sup>40</sup>

Keskeistä digitalisaatiossa on lisäarvon saavuttaminen. Kirjallisuudessa lisäarvon, tai arvonluonnin näkökulma korostuu erityisesti yrityselämän ja liiketoiminnan digitalisaatiosta puhuttaessa. Esimerkiksi Gartnerin sanastossa digitalisaation todetaan tarjoavan uudenlaista tuloa ja lisäarvoa tuottavia mahdollisuuksia.<sup>41</sup> Tuotteille ja palveluille lisäarvoa muodostuu esimerkiksi kustannussäästöinä, uusina ominaisuuksina, yleisenä tehostumisena ja hyötysuhteen parantumisena<sup>42</sup>. Yhteiskunnan digitalisaatio voi parantaa palveluiden saatavuutta ja laatua ja parhaimmillaan tarjota täysin uudenlaista asioinnin vaivattomuutta. Samalla aikaa kuluttavaa, manuaalista ja kansantaloudellisesti tuottamatonta työtä jää pois.<sup>43</sup>

Keskeisenä näyttäytyy myös digitalisaation suhde tietoon ja dataan. Digitalisaation todetaan merkitsevän uuden arvon tuottamista tiedon avulla, mikä merkitsee muutakin kuin pelkkää digitaalisen tiedon hallintaa<sup>44</sup>. Se tuottaa suuria määriä tietoa jokaisen saataville rikkoen perinteisiä valtarakenteita<sup>45</sup>. Data ja sen jalostaminen nähdään tulevaisuuden liiketoiminnan keskiössä. Toisaalta todetaan, että aiheen saamasta runsaasta huomiosta huolimatta monissa yrityksissä ei

<sup>39</sup> Kärki (2017), s. 84.

<sup>40</sup> Valtiokonttori (2015), s. 10.

<sup>41</sup> Gartner: *IT-glossary*, [<https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization>], luettu 24.1.2017.

<sup>42</sup> Juhanko, Jari (toim.); Marko Jurvansuu (toim.), Toni Ahlqvist, Heikki Ailisto, Petteri Alahuhta, Jari Collin, Marco Halen, Tapio Heikkilä, Helena Kortelainen, Martti Mäntylä, Timo Seppälä, Mikko Sallinen, Magnus Simons & Anu Tuominen: *Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi: taustoittava kooste*. ETLA Raportit No 42, 5.1.2015, s. 18–19.

[<http://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf>], luettu 29.1.2018.

<sup>43</sup> Kärki (2017), s. 85.

<sup>44</sup> Juhanko (et al.) 2015, s. 19.

<sup>45</sup> Parviainen, Päivi; Maija Federley & Anu Seisto: *Digimuutoksessa onnistumisen eväät*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 54/2017, Valtioneuvoston kanslia 2017c, s. 6.

vielä osata hahmottaa, miten tieto tuottaa arvoa.<sup>46</sup> Myös julkisen sektorin digitalisaation seitsemästä toimenpidesuosituksesta toisena mainitaan tiedon saatavuuden lisääminen ja sen saattaminen hyötykäyttöön<sup>47</sup>.

## 2.2 Yhteiskunnan digitalisaation keskeisiä teemoja

Digitalisaation todetaan muuttavan ihmisten tapaa toimia arjessa ja työssä, organisaatioiden tapaa toteuttaa tehtäviään ja julkishallinnon tapaa tuottaa palveluita. Muutosta selittävät teknologian tarjoamien mahdollisuuksien ohella myös ihmisten muuttuneet oletukset ja palveluihin sekä tuotantoon kohdistuneet tehokkuusvaatimukset.<sup>48</sup> Arkipäivän digitalisaation todetaan olevan monilla osa-alueilla pidemmällä kuin teollisuudessa. Päätelaitteiden kuluttajakäyttö on totuttanut ihmisiä monipuolisesti erilaisiin palveluihin.<sup>49</sup> Digitalisaatio ja siihen liittyvä teknologia poistaa aikaan, tilaan, tiedonsaantiin ja osallistumiseen liittyviä rajoitteita<sup>50</sup>. Tietoa on maailmanlaajuisesti jokaisen halukkaan käytettävissä. Reaaliaikaisuus on noussut palvelujen perusvaatimukseksi, aluksi ostamisessa ja pelaamisessa, mutta myös työelämän palveluissa.<sup>51</sup>

Digitalisaatio mahdollistaa fyysisten esineiden, laitteiden, rakennusten, liikenteen ja muun infrastruktuurin käytön muutoksen, jossa omistamisesta siirrytään palveluihin<sup>52</sup>. Yhteiskunnan digitalisaatio voi parantaa palveluiden saatavuutta ja laatua ja parhaimmillaan tarjota täysin uudenlaista asioinnin vaivattomuutta. Samalla aikaa kuluttavaa, manuaalista ja kansantaloudellisesti tuottamatonta työtä jää pois.<sup>53</sup> Merkittävä muutos liittyy jatkuvasti kertyvään dataan, jota analysoimalla syntyy täysin uudenlaisia palveluita<sup>54</sup>. Seuraavaksi käsitellään ilmiöitä, joiden voi ajatella tarjoavan mahdollisuuksia, mutta myös edesauttavan digitalisaation leviämistä.

Yhteiskunnan keskeiseksi menestystekijäksi todetaan tiedon hyödyntäminen ja se, kuka kaikkein taitavimmin analysoi ja hyödyntää yhä suurempaa tietomäärää, *big dataa*. Yhä parempaan tuottavuuteen ja laatuun päästään, kun toimintaa ohjataan asiakkaan tilanteeseen perustuvan tiedon pohjalta. Tämä on mahdollista silloin, kun kaikki merkittävät laitteet ovat yhteydessä

<sup>46</sup> Sama, s. 12.

<sup>47</sup> Valtiokonttori (2015), s. 3.

<sup>48</sup> Lehto & Neittaanmäki (2016), s. 63.

<sup>49</sup> Juhanko et al. (2015), s. 16.

<sup>50</sup> Koironen, Ilkka & Pekka Räsänen: Verkkopalvelujen käytön ja käyttäjien muutos, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 456.

<sup>51</sup> Tuikka et al. (2017), s. 788.

<sup>52</sup> Mattila, Veli-Matti: Digimenestyjät nostavat Suomen, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 763.

<sup>53</sup> Kärki (2017), s. 85.

<sup>54</sup> Viitasaari, Jukka & Risto Pennanen: Digi avaa teollisuudelle uuden oven palveluihin, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 507.

internetiin ja niiden sensorit antavat jatkuvasti tietoa analysoitavaksi ja toiminnan kehittämiseksi.<sup>55</sup> *Esineiden internet* (IoT, Internet of Things) on määritelty tutkimusfoorumeilla yhdeksi keskeisimmäksi yhteiskunnalliseksi megatrendiksi. Yhä pienempiä, halvempia ja älykkäämpiä sensoreita asennetaan koteihin, vaatteisiin ja työvälineisiin, mutta myös kaupunkeihin, liikenteeseen ja energiaverkkoihin. Lukemattomia erilaisia laitteita kytkeytyy internetiin jo nykypäivänä. Niiden lukumäärä on kasvanut dramaattisesti viime vuosina ja kasvun odotetaan kiihtyvän yhä. Tämä mahdollistaa niiden etämonitoroinnin ja optimoinnin uudella tavalla.<sup>56</sup> Esineiden internet mahdollistaa tiedon saannin eri lähteistä muun muassa kehittämiseen, toiminnan valvontaan, ennakoivaan huoltoon ja etätoimiin.<sup>57</sup>

Yhteiskunnan digitalisaation todetaankin merkitsevän verkkoon kytkettyjen älykkäiden tuotteiden ja palveluiden verkostoa, jota voidaan tarkastella yhteiskunnan eri osapuolten näkökulmasta<sup>58</sup>. *Teollinen internet* on yritysten näkökulma verkkoon kytketyistä älykkäistä tuotteista, palveluista ja ihmisistä. Verkkoon kytketään sekä yritysten sisäiset liiketoimintaprosessit että myytävät tuotteet ja palvelut. Syntyy tietoa, jota jalostamalla voidaan ennakoida ja automatisoida työvaiheita. Lisäksi syntyy uusia datapohjaisia, älykkäämpiä palveluinnovaatioita tai liiketoimintamalleja. Kehityskulun nähdään merkitsevän jo parhaillaan vallankumousta.<sup>59</sup>

Teknisessä kehityksessä mekaanisuutta on korvaamassa digitaalinen älykkyys, joka muuttaa koko yhteiskunnan toimintaa<sup>60</sup>. Kehityksen merkittävänä kiihdyttäjänä nähdään *tekoäly*, jonka ainakin alkeellisimmissa muodoissaan todetaan vaikuttavan jo osana kehittyneitä ohjelmistoja. Oikein ohjelmoidun ja käyttökelpoista tietoa laajasti hyödyntävän tekoälyn oppimiskyvyn arvioidaan kasvavan eksponentiaalisesti. Sen merkitystä havainnollistetaan niin sanotun Mooren lain avulla. Laki ennustaa teknologian suorituskyvyn kaksinkertaistuvan 18 kuukauden välein, mutta ajan uskotaan lyhenevän jopa muutamiin viikkoihin, mikäli tekoälyn todellinen potentiaali saadaan käyttöön. Seuraavan teknologiseen kehitykseen liittyvän merkittävien toimijoiden välisen kilpajuoksun uskotaan liittyvän kamppailuun tekoälyn herruudesta.<sup>61</sup>

<sup>55</sup> Mattila (2017), s. 765.

<sup>56</sup> Schwab (2017), s. 18.

<sup>57</sup> Mattila (2017), s. 765.

<sup>58</sup> Juhanko et al. (2015), s. 3.

<sup>59</sup> Ailisto, Heikki (toim.); Martti Mäntylä (toim.), Timo Seppälä (toim.), Jari Collin, Marco Halen, Jari Juhanko, Marko Jurvansuu, Raija Koivisto, Helena Kortelainen, Magnus Simons, Anu Tuominen & Teuvo Uusitalo: *Suomi – Teollisen Internetin Piilaakso*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 4/2015, s. 10–12.

<sup>60</sup> Lehto & Neittaanmäki (2016), s. 59.

<sup>61</sup> Rousku (2017), s. 18–19.

Valtioneuvoston tutkimus- ja julkaisutoiminnan raportissa (2018) tekoäly määritellään väli-neeksi, jonka avulla koneet, laitteet, ohjelmat, järjestelmät ja palvelut voivat toimia tehtävän ja tilanteen mukaisesti järkevällä tavalla. Järkevän toiminnan tason todetaan tarkoittavan muun muassa kykyä tunnistaa erilaisia tilanteita ja ympäristöjä tai toimia muuttuvissa tilanteissa. Taso edellyttää autonomisuutta, oppivuutta ja suorituskkyä. Tekoäly ei merkitse yhtä teknologiaa, vaan joukkoa erilaisia menetelmiä, teknologioita, sovelluksia ja tutkimussuuntia. Tällä hetkellä hallitsevimpana tekoälyn osa-alueena pidetään koneoppimista, mutta myöskään muita teko-älyyn liittyviä osa-alueita ei tule jättää huomiotta.<sup>62</sup> Koneoppimisessa teknologia kehittää itse-ään, tai sitä voidaan opettaa. Puhutaan myös syväoppimisesta, joka mahdollistaa hahmontun-nistuksen avulla oppimisen ympäristöä havainnoimalla. Tekoäly todetaankin yhdessä robotii-kan kanssa olevan nousemassa tulevaisuuden toimijaksi fyysisessä maailmassa, kun koneet ky-kenevät kommunikoidaan toistensa kanssa internetin avulla ja oppimaan myös toisiltaan.<sup>63</sup>

Älykkäiden *robottien* roolin todetaan kasvavan fyysisen työn tekemisessä, ja tekoälyn myötä korvaavan myös asiantuntijatyötä<sup>64</sup>. Moderni robotiikka eroaa klassisesta teollisuusrobotiikasta yhdistelemällä useita teknologioita, sensoreita, verkkoyhteyksiä, internetiä ja pilviä, joita se kykenee hyödyntämään prosessoinnissa tekoälyn avulla. Fyysisen maailman rinnalla toimivat samalla digitaalisen maailman virtuaali- ja ohjelmistorobotit.<sup>65</sup> Robotiikan myötä samoilla re-sursseilla tullaan saamaan aikaan enemmän hyödykkeitä ja palveluita. Tämän uskotaan nostavan yhteiskunnan vaurautta ja lisäävän valintamahdollisuuksia. Kasvun tuomat hyödyt voidaan hyödyntää joko suurempana kulutettujen tuotteiden määränä tai lisääntyneenä vapaa-aikana.<sup>66</sup> Tuotantoa mullistaa myös 3D-tulostus, joka mahdollistaa massatuotannosta poikkeavien räätä-löityjen tuotteiden helpon ja kustannustehokkaan valmistamisen<sup>67</sup>.

Anderssonin (2017) mukaan digitalisaatio on vain kalpea alku vallankumouksesta, jonka robo-tisaatio tulee aiheuttamaan. Tekoäly ja oppivat robotit tulevat muodostamaan internetin kaltai-sen ilmiön, mutta voimakkaammin. Koska ne kykenevät vaikuttamaan itse kehittymiseensä,

<sup>62</sup> Ailisto, Heikki (toim.); Eetu Heikkilä, Heli Helaakoski, Anssi Neuvonen, Timo Seppälä: *Tekoälyn kokonais-kuva ja osaamiskartoitus*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2018, s. 1–2. Muista tekoälyn osa-alueista mainitaan esimerkiksi data-analyysi, havainnointi ja tilannetietoisuus, kieli ja kognitio, vuorovaikutus ihmisen kanssa sekä digitaidot, ongelmanratkaisu ja matemaattinen luovuus.

<sup>63</sup> Andersson, Cristina: Suomi ja robotisoituvaa maailma, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017b, s. 779.

<sup>64</sup> Mattila (2017), s. 760.

<sup>65</sup> Andersson, Cristina: Kestävästi kehittyen kohti tulevaisuutta, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017a, s. 48.

<sup>66</sup> Kauhanen, Antti: Uusi työnjako, *Robotit töihin. Koneet tulivat - mitä tapahtuu työpaikoilla?* EVA Raportti 2/2016, Taloustieto Oy, Helsinki 2016, s. 20.

<sup>67</sup> Schwab (2017), s. 16.

ilmiön kehitys on osittain ennustamatonta.<sup>68</sup> Riippunee tulkinnasta, tulisiko robotiikka ymmärtää digitalisaation yhdeksi teknologiaksi vai jo tätä seuraavaksi, osaltaan digitalisaatiota hyödyntäväksi ilmiöksi, robotisaatioksi. Oleellista on kuitenkin se, että digitalisaatioon liittyvissä ilmiöissä robotiikan merkitystä ei käytännössä voi ohittaa. Anderssonin mukaan digitalisaatio on vienyt jopa huomiota robotisaation muutosaaltoilta, joka valtaa alaa maailmalla. Robotisaatio tulee muodostamaan digitalisaation ja automaation yläpuolelle tason, jossa robotit käyttävät kummankin ilmiön mahdollisuuksia tehtäviensä suorittamiseksi – kuin ihmiset.<sup>69</sup>

Tekoäly ja robotiikka sivuavat tuotannon ja työn muutoksen lisäksi myös *liikkumisen digitalisaatiota*. Digitalisaation todetaan läpäisevän koko liikennejärjestelmää. Automaatio on jo arkipäivää esimerkiksi ilmailussa, jossa ihmisen roolina on usein toiminnan varmistaminen. Myös esineiden internet sivuaa liikenteen digitalisaatiota. Sen todetaan edistävän kulkuneuvojen ympärillä olevien muuttujien, kuten ympäristön ja muiden liikkujien huomioimista.<sup>70</sup> Uskotaan, että tulevaisuudessa ihminen voi tilata mobiililaitteella kotiovelleen itsestään kulkevan auton, joka vie asiakkaansa töihin ja jatkaa sen jälkeen toisen asiakkaan luokse. Tämä nostaisi autojen käyttöastetta, pysäköintipaikkojen tarve vähenisi eivätkä autot jäisi odottamaan omistajaansa työpäivän ajaksi tai edes yöksi.<sup>71</sup> Ilman kuljettajaa kulkevat autot dominoivat julkisuutta, mutta nykypäivää ovat myös miehittämättömät rekat, dronit eli robottilennokit, lentokoneet ja laivat. Digitalisaatio tulee lisäämään näiden merkitystä sensorien ja tekoälyn kehittymisen myötä.<sup>72</sup> Digitalisaatio voi nostaa kaupunkikuvaan myös uudenlaisia logistisia ratkaisuja. Tällaisia voivat olla vaikkapa lääkkeitä parvekkeille kuljettavat dronit, itsestään kulkevat kauppakassit tai uudenlaiset kylmäpalveluvarastot.<sup>73</sup>

Nykytilanteessa matkustamiseen todetaan kuluvan merkittäviä aikoja yksilöiden käyttämästä ajasta. Kolmasosan kaikista matkoista muodostavat työmatkat tai muut työasioihin liittyvät matkat. Tulevaisuudessa koneita voidaan käyttää yhä useammin kauko-ohjatusti ja valvoa niitä etäläsnäolon keinoin. Näin muodostuvat säästöt ja hyödyt voivat olla rahallisesti miljardiluokkaa. Teknologian avulla lähes läsnäoloa vastaava kokemus voidaan saavuttaa matkustamatta ja vaikkapa halutut tarkastukset tai mittaukset suorittaa olematta mittauskohteiden kanssa samassa

<sup>68</sup> Andersson (2017b), s. 777.

<sup>69</sup> Andersson (2017a), s. 48.

<sup>70</sup> Trafi: *Liikenteen tila 2030*, Trafín julkaisuja 21/2016, s. 8.

[[https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1476367622/f61da0cdfc2bf85e8df89c0de19d5587/22797-Trafi\\_Liikenteen\\_Tila\\_2030.pdf](https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1476367622/f61da0cdfc2bf85e8df89c0de19d5587/22797-Trafi_Liikenteen_Tila_2030.pdf)], luettu 12.3.2019.

<sup>71</sup> Pennanen, Risto: Äly muuttaa kaupungit, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 656.

<sup>72</sup> Schwab (2017), s. 15.

<sup>73</sup> Pennanen (2017), s. 658.

tilassa.<sup>74</sup> Niin sanotun digitaalisen kaksosen (Digital Twin) avulla huoltomekaanikko voisi nähdä virtuaalisesti visualisoituna sellaisia koneen osia, joiden vaihtaminen olisi ajankohtaista. Digitaalisella kaksosella tarkoitetaan fyysisen esineen, prosessin tai toiminnon digitaalista mallia, joka on kytketty fyysiseen vastineeseensa, ja jota voidaan rikastuttaa fyysisestä maailmasta kerätyn mittaustiedon ja operatiivisen tiedon avulla.<sup>75</sup>

Tilallisuuteen ja ajallisuuteen liittyvien rajoitteiden arvioidaan madaltuvan entisestään *virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden* mahdollistamana<sup>76</sup>. Virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan teknologisin ratkaisuin luotua kokemusta, joka on niin kokonaisvaltainen, että ihminen voi tuntea olevansa osa keinotekoisesti luotua ympäristöä. Useissa virtuaalitodellisuuden sovelluksissa hän myös kykenee vaikuttamaan kokemukseensa ja ympäristöönsä. Lisätty todellisuus ei sulje käyttäjää kokonaan olemassa olevan todellisuuden ulkopuolelle, vaan siihen lisätään uusi virtuaalinen kerros. Hyvin usein sovellukset hyödyntävät tällöin läpikatseltavia näyttöjä, kuten videokameralla varustettua matkapuhelinta.<sup>77</sup> Käyttäjä näkee ja kokee todellisen arkimaailman, mutta saa kännykän tai datalasiin avulla hyödyllistä lisätietoa, kuten tekstiä, kuvaa, tietokoneanimoituja 3D-malleja tai asiantuntijan ohjeita<sup>78</sup>.

Esimerkeiksi digitalisaation aikaansaamista uusista toimintatavoista todetaan muun muassa digitaaliset alustat ja palveluekosysteemit<sup>79</sup>. *Digitaaliset alustat* on määritelty tietoteknisiksi järjestelmiksi, joilla käyttäjät, tarjoajat ja muut sidosryhmät yli organisaatorajojen toteuttavat lisäarvoa tuottavaa toimintaa. Eri toimijat luovat, tarjoavat ja ylläpitävät toisiaan täydentäviä tuotteita yhteisten pelisääntöjen ja käyttäjäkokemusten pohjalta. Alustat sitouttavat eri toimijoita taloudellisilla hyödyillä.<sup>80</sup> Alustojen todetaan perustuvan samoihin periaatteisiin kuin torit ja markkinapaikat. Digitaaliset alustat ovat uudenlaisen arvonluonnin keskiössä, koska ne integroivat tehokkaasti markkinapaikan osapuolia globaalisti ja kaikkina vuorokaudenaikoina. Ne myös häivyttävät toimialojen rajoja ja mahdollistavat uudenlaisia toimintoja ja arvonluontia.<sup>81</sup>

<sup>74</sup> Linturi, Risto; Osmo Kuusi & Toni Ahlqvist: *Suomen sata uutta mahdollisuutta: radikaalit teknologiset ratkaisut*, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu, 6/2013, s. 26.

<sup>75</sup> Lättilä, Timo; Janne Upla & Niklas Salonen: *Keinotodellisuuden hyödyntäminen liikenne- ja viestintäministeriön toimialalla*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 13/2017, s. 39–40.

<sup>76</sup> Koiranen et al. (2017) s. 462.

<sup>77</sup> Leinonen, Teemu: Tietotekniikka lisää todellisuuteen kerroksia, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 808.

<sup>78</sup> Tuikka et al. (2017), s. 792.

<sup>79</sup> Parviainen et al. (2017b), s. 7.

<sup>80</sup> Seppälä, Timo; Halén, Marco, Juhanko, Jari, Korhonen, Heidi, Mattila, Juri, Parviainen, Päivi, Talvitie, Jaakko, Ailisto, Heikki, Hyytinen, Kirsi-Maria, Kääriäinen, Jukka, Mäntylä, Martti & Ruutu, Sampsa: *”Platform” – Historiaa, ominaispiirteitä ja määritelmä*, ETLA Raportit No 47, 23.11.2015, s. 9, [<http://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-47.pdf>], luettu 30.1.2017.

<sup>81</sup> Still, Kaisa; Marko Seppänen, Timo Seppälä, Arho Suominen, Katri Valkokari, & Heidi Korhonen: *Alustatalous on vuorovaikutustaloutta*. ETLA Muistio No 61, 15.9.2017, s. 1–2. [<http://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-61.pdf>], luettu 6.3.2019.

*Jakamistalous* on digitalisaation kansalaiskeskeinen ilmiö, jonka odotetaan yleistyvän etenkin kaupungeissa. Digitaaliset ratkaisut synnyttävät jakamistalousmarkkinoita, joilla asioita voi lainata täysin tuntemattomille ihmisille helposti. Kuuluisimpia globaaleja ilmiöitä tällaisesta ovat Airbnb-majoituspalvelu tai Uber-taksipalvelu.<sup>82</sup> Palveluissa molemminpuolista luottamusta todetaan syntyvän esimerkiksi siitä, että sekä käyttäjät että palveluntarjoajat kirjaavat kokemuksiaan alustalle. Merkitsevää on se, ettei kummallakaan palvelualustalla yrityksenä ole omia huoneita tai autoja.<sup>83</sup> Myös jakamisen kulttuuriin voi ajatella liittyvän vanhojakin ilmiöitä.

Alustojakin laajempänä ilmiönä käsitellään *ekosysteemejä*, joissa kohtaavat laitevalmistajat, käyttöjärjestelmän tarjoajat, kaupat, sovelluksen tarjoajat, sisällöntuottajat ja luonnollisesti käyttäjät. Myös ekosysteemissä kaikki osapuolet hyötyvät toisistaan. Käyttäjä hyötyy eniten, mutta samalla syntyy käyttöjärjestelmän ja sovelluskaupan muodostama ”lock-in” -ilmiö. Ekosysteemin vaihtaminen voi olla vaikeaa, mikäli se edellyttää sekä laitteiden että palvelujen vaihtamista.<sup>84</sup> Tavaroiden, tiedon ja ihmisten verkottuminen nostaa yhä tärkeämmäksi kyvyn hallita ja johtaa koko tuotannon arvoketjua. Pienten ja suurten yritysten tulisi yhdessä verkostoitumalla kehittää ratkaisuja, joita yksi yritys harvoin kykenee tekemään. Parhaimmillaan esi-neiden internetin kaltaiset ilmiöt tuottavat verkkoon kytketyistä asioista ja tuotteista älykkäitä ekosysteemejä, joihin eri tahot voivat liittyä.<sup>85</sup> Digitalisaatio on organisaatorajoja ja toimintatapoja rikkovaa uusien palvelujen ja palvelumuotojen synnyttämistä, jossa kaikille toimijoille muodostuu uudenlaista arvoa. Tällaiseen arvomuodostukseen päästään ekosysteemissä.<sup>86</sup>

Digitalisaation käsitteen suomalaisen yhteiskunnalliseen keskusteluun on tuonut Juha Sipilän hallituksen hallitusohjelma, jossa digitalisaatio todetaan hallituksen strategian läpileikkaavaksi teemaksi. Esimerkiksi julkisten palveluiden digitalisoiminen oli eräs hallituksen kärkihankkeista.<sup>87</sup> Valtiokonttori toteutti siihen liittyen selvityksen, jossa kartoitettiin valtion virastojen nykytilaa ja kehitysehdotuksia. Näiden pohjalta analysoituna koottiin lista toimenpidekokonaisuuksista, joilla voitaisiin saavuttaa merkittäviä hyötyjä.<sup>88</sup> Kärkihankkeella on pyritty tuottavuusloikkaan asiakaslähtöisten digitaalisten palvelujen avulla. Julkinen sektori on sitoutettu digitalisoimaan ja automatisoimaan toimintatapansa. Kärkihankkeen konkreettisia tuloksia ovat

<sup>82</sup> Pennanen (2017), s. 661.

<sup>83</sup> Itälä, Timo: *Digital Business and Platforms, IT Leadership in Transition, The Impact of Digitalization on Finnish Organizations*. Aalto-yliopisto, Helsinki 2015, s. 55–56.

<sup>84</sup> Sama, s. 54.

<sup>85</sup> Parviainen et al. (2017b), s. 24.

<sup>86</sup> Kärki (2017), s. 85.

<sup>87</sup> Valtioneuvoston kanslia (2015), s. 26.

<sup>88</sup> Valtiokonttori (2015), s. 3.



esimerkiksi niin sanotut yhteiset digitalisoinnin periaatteet, yhtenäiset kansallisen palveluarkkitehtuurin (KaPa) palvelut, uusi sähköisen asioinnin tukipalveluja koskeva lainsäädäntö, 34 kunnan digikuntakokeilu ja 15 strategisesti merkittävän digihankkeen rahoitus.<sup>89</sup>

Julkisen sektorin digitalisaatioprosessi nähdään eri yhteyksissä ongelmallisena. Digitalisaatio-osaamisen ja jopa digitalisaation käsitteen ymmärtämisen puutteita on tunnistettu. Usein digitalisaatio ymmärretään lähinnä tietohallinnollisena asiana. Huomio kiinnittyy laitteisiin, internetin käyttöön tai korkeintaan olemassa olevien prosessien sähköistämiseen sellaisenaan. Myös lainsäädäntöön sisältyy piirteitä, jotka eivät sovellu digitaaliseen maailmaan.<sup>90</sup> Suurena haasteena on se, kuinka julkishallinto kykenee luopumaan olemassa olevista toimintatavoista tai purkamaan olemassa olevia rakenteita<sup>91</sup>. Myös tasapaino tietoturvamääräysten ja toiminnallisuuden välillä vaatii uudelleenarviointia ja hienosäätöä, jotta käytettävyys ei kärsisi aiheettoman tiukoista tietoturva vaatimuksista<sup>92</sup>.

Digitalisaatio ei saisi rajoittua organisaation sisäisten prosessien digitalisoitumiseen, ei edes organisaatorajoja leikkaavien, uusien asiakaslähtöisten palveluprosessien synnyttämiseen. Todellisen digitalisaation todetaan tapahtuvan markkinassa, jolloin julkisten organisaatioiden tulisi antaa vahva panoksensa yhteiskunnan ja sen kaikkien toimijoiden kokonaisvaltaiseen digitalisaatioon. Todellinen digitalisaatio tarkoittaa yksittäisen organisaation tarkoituksen muuttamista, mikä ääritilanteessa voi merkitä jopa kyseisen organisaation muuttumista tarpeettomaksi. Tämä johtaa organisaatiot eksistentiaaliseen kriisiin, joka hidastaa merkittävästi digitalisaatiokehitystä. Se estää ja hidastaa muutosta lukiten organisaatioita nykytilaan, nykyisiin rakenteisiin ja nykyiseen tapaan toimia.<sup>93</sup> Mikäli muutos omaksutaan ja rakenteet saatetaan läpinäkyvään ja tehostettuun, kilpailukykyiseen muotoon, hallinto tulee sen myös kestäväksi<sup>94</sup>.

### 2.3 Digitalisaatio Puolustusvoimissa

Myös Puolustusvoimat hyödyntää digitalisaatiota toiminnassaan ja kehitystyössään. Vuoden 2016 digitalisaatiokonseptissa korostetaan tämän tarkoittavan Puolustusvoimissakin erityisesti toiminnan muutosta – vaikka digitalisaatio käsitteenä liitetään usein vahvasti teknologiaan ja

<sup>89</sup> Valtioneuvoston kanslia: *Ratkaisujen Suomi: Puolivälin tarkastus, Hallituksen toimintasuunnitelma vuosille 2017-2019*, Hallituksen julkaisusarja 5/2017, s. 54.

<sup>90</sup> Valtiokonttori (2015), s. 53–55.

<sup>91</sup> Sama, s. 47.

<sup>92</sup> Sama, s. 78.

<sup>93</sup> Kärki (2017), s. 85–86.

<sup>94</sup> Schwab (2017), s. 69.

tieto- ja viestintäteknikan ratkaisuihin. Digitalisaatiokonseptin näkökulma on kuitenkin pääosin julkishallinnollinen eikä pureudu operatiiviseen toimintaan. Järjestelmien integraatio ja puolustusjärjestelmän kokonaistoiminta on konseptin mukaan kuitenkin varmistettava.<sup>95</sup>

Puolustusvoimat osana julkista hallintoa pyrkii palvelujen huomattavaan tehostamiseen, asiakaslähtöisempään asevelvollisten asioiden hoitamiseen, mutta myös kustannussäästöihin. Ta-voitetilassa keskeistä on toisaalta sidosryhmien sujuva asiointi Puolustusvoimien kanssa, toisaalta Puolustusvoimien sisäisten prosessien kustannustehokkuus.<sup>96</sup> Suuria määriä mekaanista työtä olisi mahdollista automatisoida. Digitalisaatio voi vapauttaa tekemään enemmän niitä tehtäviä, joilla on todellista merkitystä. Yksinomaan Puolustusvoimien palvelukeskus on tunnistanut kymmeniä työtehtäviä, joissa robotiikka tarjoisi merkittävää hyötyä. Jopa päivystystehtäviin sidottujen henkilöstöresurssien osittaisesta vapauttamisesta esitetään visioita.<sup>97</sup> Vaikka digitalisaation käsite on noussut esiin vastikään, ajatellaan digitalisaation periaatteiden olleen josain määrin osa toimintaa jo aikaisemminkin. Esimerkkeinä tästä mainitaan esimerkiksi verkkooppimisympäristö, simulaattorikoulutuksen eri sovellutukset tai prosessien digitalisoiminen vaikkapa matkanhallinnassa tai etätöön mahdollistamisessa.<sup>98</sup>

Puolustusvoimien digitalisaatiostrategiassa (2019) käsitellään myös operatiivisen toiminnan ja sotilaallisen suorituskyvyn näkökulmia. Missiossa mainitaan esimerkiksi toiminnan tehostaminen ja uusien kyvykkyyksien luominen. Visiossa todetaan tietotaidon parhaiden tarvittavien suorituskykyjen valitsemiseksi ja hankkimiseksi rakentuvan vuoteen 2025 mennessä. Digitalisaation todetaan olevan myös kiinteä osa puolustusyhteistyön kehittämistä. Strategisina valintoina todetaan muun muassa tekoäly- ja analytiikkaohjelmistoja hyödynnettävän tietojen tehokkaaseen yhdistelyyn ja analysointiin. Myös korkean suojaustason ympäristöissä on kyettävä hyödyntämään alempien suojaustasojen tietoa päätöksenteon tukemiseksi. Puolustusvoimat pyrkii lisäksi vaikuttamaan aktiivisesti digitalisaation mahdollistavaa teknologiaa koskevaan sääntelyyn ja varmistamaan mahdollisuudet sotilaallisen suorituskyvyn kehittämiseen.<sup>99</sup>

Myös Puolustusvoimien tutkimustoiminnassa sivutaan digitalisaatiota. Yksi Puolustusvoimien tutkimusohjelman (2017) hankkeista tutkii älykästä vaikuttamista, mikä pitää sisällään esimerkiksi sensoriteknologian ja autonomisia piirteitä omaavien järjestelmien tutkimusta. Hankkeessa innovatiiviset konseptit tutkitaan muun muassa verkostoitumista arjen ratkaisuille sekä

---

<sup>95</sup> Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien digitalisaatiokonsepti*. AM19514/27.12.2016, s. 2.

<sup>96</sup> Sama, s. 2–4.

<sup>97</sup> Viinikainen, Timo: *Digitalisaatio Puolustusvoimissa*, esitys Puolustusvoimien Digi-seminaarissa 8.11.2017.

<sup>98</sup> Puolustusvoimien digitalisaatiokonsepti (2016), s. 2.

<sup>99</sup> Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien digitalisaatiostrategia*. AO10320/28.2.2019, s. 1–4.

kustannustehokkaita satelliitteja<sup>100</sup>. Arjen ratkaisuja käsittelee myös Johtamisen tuen konsepti 2030, joka määrittelee yhdeksi johtamisen tuen järjestelmäkokonaisuudeksi arjen järjestelmät. Konseptin mukaan arjen järjestelmissäkään ei ole kyse vain tekniikasta, vaan digitalisaation muokkaamien toimintamallien ja -kulttuurin käyttöönotosta.<sup>101</sup>

## 2.4 Digitalisaation haasteita ja kritiikkiä

*Digitalisaation työllisyysvaikutukset* korostuvat aiheeseen liittyvässä kritiikissä. Digitalisaatio on jo nykypäivään mennessä muovannut tuotanto- ja työtapoja. Suuret muutokset, jotka aiheutuvat esimerkiksi tekoälyn, koneoppimisen, vuorovaikutteisen robotiikan tai autonomisen liikenteen kehittymisestä, arvioidaan olevan vasta edessä.<sup>102</sup> Työllisyyden muutoksessa vähäruutiinisten tehtävien on nähty aikaisemmin parantavan jopa asemiaan. Nouseva teollinen aalto perustuu kuitenkin teknologiaan, joka kykenee esimerkiksi käännöstyöhön, hahmontunnistukseen, sairauksien diagnosointiin ja itseohjautuvaan liikenteeseen. Näin digitalisaation työllisyysvaikutukset ovat valtaamassa myös niin sanottuja vähäruutiinisiä ammatteja.<sup>103</sup> Digitalisaatio voi uhata myös työpaikkoja, joissa ei olla teknologian kanssa tekemisissä<sup>104</sup>. Uhkana nähdään myös polarisoituminen. Harvalukuisten huippuasiantuntijatehtävien rinnalle arvioidaan kehittyvän matalan tuottavuuden työtä, josta kilpailu on kovaa ja työvoiman tarjonta runsasta. Työvoiman ylitarjonta voisi jopa hidastaa töiden siirtymistä koneille, mikäli työntekijöiden palkkaaminen halpenisi ja helpottuisi.<sup>105</sup> Kehitykseen liittyy kuitenkin myös epävarmuustekijöitä. Ennusteet vaihtelevat ja kokonaiskuvan tekeminen katoavista töistä nähdään vaikeana<sup>106</sup>.

Kaikki näkökulmat *digitalisaation taloudellisista vaikutuksista* eivät ole myönteisiä. Digitaalisten hyödykkeiden taloudellinen mittaaminen on osoittautunut vaikeaksi, ja mittaamista ovat vaikeuttaneet myös ilmaisupalvelut, teknologian laadun parantuminen hintakehitykseen suhteutettuna sekä globaali aineeton pääoma. Haasteena on pidetty myös sitä, ettei pelkkä tek-

<sup>100</sup> Klemola, Olli: Puolustusvoimien teknologia- ja tutkimusohjelmat, Osaamisen huoltovarmuutta parhaimmillaan, *Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirja 2017*. Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Ylöjärvi 2017, s. 8.

<sup>101</sup> Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien johtamisen tuen konsepti 2030*. AM256/3.2.2016, s. 14.

<sup>102</sup> Järvensivu, Anu; Seija Ilmakunnas & Ville Kyrki: Tekoälyn kasvu- ja työllisyysvaikutukset, *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Koski, Olli & Kai Husso (toim.), Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 19/2018, s. 13.

<sup>103</sup> Sama, s. 14.

<sup>104</sup> Marttinen, Jussi: *Palvelukseen halutaan robotti, Tekoäly ja tulevaisuuden työelämä*. Aula & Co, Helsinki 2018, s. 151.

<sup>105</sup> Sama, s. 145.

<sup>106</sup> Järvensivu et al. (2018), s. 14–17.

nologia johda tuottavuuskehitykseen ennen laajaa innovaatioiden käyttöönottoa ja uusia organisoitumisen muotoja, jotka vaativat investointeja aineettomaan pääomaan.<sup>107</sup> Myös valmistusmenetelmien, kuten 3D-tulostuksen uskotaan vaikuttavan vientiin, ellei kehitystä kompensoida tuontitarvetta pienentävien, uusien valmistusteknologioiden kehittämällä<sup>108</sup>. Myös alustatalouteen voi liittyä ongelmia, kuten petoksia tai pyramidihuijauksia. Haastetta voivat lisätä globaaleiden alustojen ristiriidat kansalliseen lainsäädäntöön nähden.<sup>109</sup> Alustatalouteen voi liittyä myös monopolisoitumisen riskiä<sup>110</sup>. Digitalisaatiokehityksestä aiheutuvassa siirtymävaiheessa mahdollisena pidetään pitkääkin sopeutumisaikajaksoa. Talouteen voi heijastua työmarkkinoiden häiriöitä, hidasta palkkakehitystä, kohonneita tuloeroja tai mahdollisia pääoman verotuksen vääristymiä. Siksi kehitykseen on arvioitu liittyvän myös kasvavaa eriarvoistumista.<sup>111</sup>

*Eettiset kysymykset* herättävät keskustelua erityisesti silloin, kun käsitellään keinotekoisia toimijoita, kuten oppivia algoritmeja, älykkäitä robotteja tai autonomisia liikennevälineitä. Koneita ei ohjaa ajatus moraalisesti oikeansuuntaisesta oppimisesta. Teknologian toimintaperiaatteiden läpinäkyvyys on taattava erityisesti silloin, kun kyse on ihmisten terveydestä ja turvallisuudesta – esimerkiksi terveydenhuollossa, liikenteessä, energiantuotannossa ja maanpuolustuksessa.<sup>112</sup> Robottiliikenteen eräänä uhkana nähdään järjestelmien kaappaaminen ja kauko-ohjaaminen terroristisissa tarkoituksissa<sup>113</sup>. Vastuukysymykset voivat olla epäselviä myös tavanomaisissa robottien tai etäläsnäolon käyttötilanteissa, mikäli niistä aiheutuu vahinkoa<sup>114</sup>. Terveydenhuollossa edistyneiden mittausteknologioiden käyttöön voi liittyä myös kysymyksiä yksityisyyden suojasta, kun sensorit kykenevät mittaamaan jopa kenenkään huomaamatta tietoja ihmisen perimästä, sairauksista tai vaikkapa huumeiden käytöstä<sup>115</sup>.

*Kyber- ja tietoturva-uhkien yhteys digitalisaatioon* on selvä, ja niihin liittyvät kysymykset ovat niin laajoja, että aiheiden syvälinen tarkastelu on rajattu tietoisesti tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Kun miltei kaikkialta kytkeydytään internetiin ja dataa kerätään yhä erilaisemmista

<sup>107</sup> Sama, s. 15.

<sup>108</sup> Linturi, Risto: Teknologiamurroksesta hallinnon toimenpiteiksi, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017, s. 31.

<sup>109</sup> Sama, s. 35.

<sup>110</sup> Sama, s. 27.

<sup>111</sup> Maliranta, Mika; Niilo Hakonen, Juha Antila, Mika Kuismanen & Susanna Siitonen: Työmarkkinadynamiikka teknologisessa murroksessa, *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Koski, Olli & Kai Husso (toim.), Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 19/2018, s. 25.

<sup>112</sup> Alasoini, Tuomo; Antti Koivula & Leila Kurki: Tekoälyteknologian hyvä soveltaminen ja etiikka, *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Koski, Olli & Kai Husso (toim.), Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 19/2018, s. 46–47.

<sup>113</sup> Linturi (2017), s. 29.

<sup>114</sup> Sama, s. 37.

<sup>115</sup> Sama, s. 33.

laitteista, myös mahdollisuudet järjestelmiin tunkeutumiselle lisääntyvät. Yhä enemmän mahdollisuuksia tarjoutuu näin ollen myös hyökkäyksille, joissa pyritään esimerkiksi kaappaamaan luottamuksellista tietoa tai ottamaan jopa laitteita hallintaan. Jo nykytilassa yhteen palveluntarjoajaan kohdistettu hyökkäys voi vaikuttaa satoihin miljooniin ihmisiin.<sup>116</sup>

Digitalisaation laajentuessa erilaisten väärinkäytösten uhka kasvaa. Hyökkäämällä virtuaaliin, digitaaliseen ympäristöön voidaan katkaista sähkönjakelu tai verkkoliikenne tavoilla, jotka vaikuttavat jokaisen kansalaisen arkeen. Laajemmassa mittakaavassa kyberuhkaa sivuaa esimerkiksi mielipidevaikuttaminen, jolla osaltaan voidaan vaikuttaa yhteiskuntaan. Kyberuhkien takana olevien tahojen kirjo on moninainen, harrastelijoista rikollisiin, terroristeihin ja aina valtiollisiin toimijoihin saakka.<sup>117</sup> Kyberturvallisuuden osaajat kehittävät omaa toimintaansa, mutta tietoverkko- ja kyberrikolliset kehittävät toimintaansa vielä nopeammin. Siksi kyberturvallisuudessa on hyödynnettävä aktiivisesti toiminnan digitalisaatiota, tekoälyä ja robotisatiota kuten muillakin sektoreilla.<sup>118</sup>

## 2.5 Digitalisaation yhteenvetoa

Tarkasteltujen lähteiden valossa digitalisaation voi ajatella nykyaikaisissa käsityksissä merkitsevän toimintatapojen muutosta, jossa teknologia mahdollistaa uusia lisäarvoa tuottavia ratkaisuja<sup>119</sup>. Vaikka lähdekirjallisuus käsittelee uusista toimintatavoista myös käytännön osoituksia, ajattelutavan havainnollistamista vaikeuttanee se, että kyse lienee osittain muotoutumattomista tulevaisuuden toimintatavoista. Toisaalta on tulkittavissa, että digitalisaatioon lukeutuu huomattavasti arkisia toimintoja, kun vaikkapa erilaiset älylaitteet helpottavat jatkuvasti yksilöiden työtä ja arkea. Vastaavalla tavalla digitalisaatiossa pyritään järjestämään yhä tehokkaammin yhteiskunnan eri toimintoja ja palveluja. Digitalisaation toimintatapoja korostavista näkökulmista huolimatta tutkimuskirjallisuudesta välittyvät vahvoina erilaiset teknologiset ilmiöt.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella keskeisiä digitalisaatioon liittyviä teknologisia ilmiöitä ovat erityisesti esineiden internet, tekoäly, robotiikka ja virtuaalitodellisuuden eri muodot<sup>120</sup>. Miltei kaikkia edellä mainittuja sivuaa jatkuvasti kertyvä big data, jota hyödyntämällä ajatellaan saavutettavan uusia arvon luomisen tapoja. Teknologisten saavutusten voi tulkita ennen kaikkea

<sup>116</sup> Marttinen (2018), s. 152.

<sup>117</sup> Limnell, Jarno: Digitaalinen turvallisuus kehityksen ja toiminnan mahdollistajana, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017, s. 106–107.

<sup>118</sup> Sama, s. 107.

<sup>119</sup> Esim. Parviainen et al. (2017), s. 6; Valtiokonttori (2015), s. 11; Jugner (2015), s. 9; Kärki (2017), s. 84.

<sup>120</sup> Esim. Schwab (2017), s. 18; Ailisto et al. (2018); Andersson (2017a); Leinonen (2017).

kiihdyttävän merkittävästi digitalisaatiota. Tutkimuskirjallisuuden valossa esineiden internet laajenee, hyödyntää käytettävissä olevaa dataa yhä kehittyneimmin tavoin, mutta myös tuottaa dataa. Kertyvää dataa hyödynnetään myös tekoälyn soveltamisessa, mutta erityislaatuiseina tekoälyn ja osin robotiikkaan liittyy niiden kehittyvä oppimiskyky. Erityisesti verkkoon kytkeytyneenä teknologia voi näin ollen kyetä nopeuttamaan itse omaa kehittymistään.

Toimintatapojen näkökulmasta merkittävänä digitalisaation osa-alueina voidaan kirjallisuuskatsauksen perusteella erottaa esimerkiksi uudenlaiset datan hyödyntämistavat, uudenlaiset organisoitumisen tavat ja jossain määrin myös läsnäolon tapojen muutos<sup>121</sup>. Datan hyödyntämiseen liittyy edellä käsiteltyjen teknologisten mahdollisuuksien lisäksi laaja kirjo vaikkapa avoimen datan hyödyntämiseen liittyviä osa-alueita. Alustataloutta sivuavat ilmiöt vaikuttavat mahdollistavan merkittävää menestystä tälläkin hetkellä erityisesti liiketoiminnassa, ja nähtäväksi jää, missä määrin digitalisaatio muuttaa organisoitumista muillakin yhteiskunnan sektoreilla. Esimerkiksi virtuaalitodellisuuden eri muodot vaikuttanevat siihen, tullaanko fyysistä läsnäoloa korvaamaan kehittyneillä etäläsnäolon keinoilla. Toki korostuvan teknologisuuden voi myös itsessään tulkita osaksi toimintatapojen muutosta – erityisesti, mikäli tekoälyn ja robotiikkaan perustuvan teknologian rooli kasvaa esimerkiksi työpaikoilla, teollisuudessa ja liikenteessä.

Eri lähteet osoittavat digitalisaation olevan ajankohtainen myös Puolustusvoimissa<sup>122</sup>. Suoria osoituksia on erityisesti digitalisaation soveltamisesta Puolustusvoimien hallintoon ja rauhan ajan työskentelyn kehittämiseen. Myös digitalisaation merkitys operatiivisessa toiminnan ja suorituskyvyn kehittämisessä nähdään lähteiden perusteella kiistattomana. Tässä tutkimuksessa digitalisaation soveltamista sodankäyntiin käsitellään erityisesti seuraavissa luvuissa.

Lähteet korostavat digitalisaatioon liittyviä mahdollisuuksia, mutta aihe vaikuttaa herättävän myös huolia ja kritiikkiä.<sup>123</sup> Tarkasteltujen lähteiden valossa keskeisinä esiintyvät erityisesti digitalisaation työllisyysvaikutuksiin ja turvallisuusuhkiin liittyvät teemat. Myös digitalisaation mahdollisista hyödyistä, kuten taloudellisista vaikutuksista, esiintyy lähdeaineistossa epävarmuustekijöitä. Vaikka uusien toimintatapojen rohkeaan kokeiluun kannustetaan, nähdään joissakin arvioissa epäonnistuneesti sovelletun digitalisaation jopa vähentävän tehokkuutta.

<sup>121</sup> Esim. Mattila (2017), s. 765; Parviainen et al. (2017c), s. 12; Linturi et al. (2013), s. 26.

<sup>122</sup> Esim. Puolustusvoimien digitalisaatiokonsepti (2016); Puolustusvoimien digitalisaatiostrategia (2019).

<sup>123</sup> Esim. Marttinen (2018), s. 145–151; Järvensivu et al. (2018); Maliranta et al. (2018).

### 3 VERKOSTOPUOLUSTUS JA SEN TEOREETTINEN TAUSTA

Luvussa vastataan alakysymykseen: *Mitä verkostopuolustuksella tarkoitetaan?* Vastaus perustuu tutkimuksessa toteutettuun kirjallisuuskatsaukseen, joka on perustunut sotatieteellisistä, puolustuspoliittisista ja ammatillisista julkaisuista muodostuvaan lähdeaineistoon.

#### 3.1 Verkostopuolustuksen taustaa

Kylmän sodan päättymisen jälkeen alkoi vallita ajatus sodankäynnin murroksesta, johon liittyi siirtyminen fyysisistä alustoista verkostoissa tapahtuvaan ja verkostokeskeiseen sodankäyntiin. Ajattelutavan lähtökohdat pohjautuivat liiketoiminnan filosofiaan, jossa kaupalliseen tarpeeseen perustuva informaatioteknologian kehitys mahdollisti voittajiksi selvinneiden informaatiovoiman. Tämä kehityskulku liitettiin laajempaan sodankäynnin vallankumouksen (Revolution in Military Affairs) käsitteeseen.<sup>124</sup> 1990-luvun sotakokemukset tukivat käsityksiä teknologian sodankäyntiä mullistavista vaikutuksista. Esimerkiksi ilmasodankäynnin korostaminen, täsmähyökkäykset, satelliittipaikannus ja verkostokeskeisyys olivat ilmentymiä sodan luonteen muutoksista erityisesti Yhdysvaltalaisessa sotilaallisessa keskustelussa.<sup>125</sup> Sotilaalista voimaa alettiin arvioida uudenlaisin periaattein. Massa-armeijat ja mekanisoitu taistelu olivat siirtymässä taka-alalle ja sotilaallisen voiman määrällinen arviointi muuttumassa vähemmän merkitykselliseksi. Sen sijaan informaatioteknologian hyödyntäminen ja järjestelmien verkottaminen nousivat yhä tärkeämpään rooliin – mitä sivusi myös yhteistoimintakyky sotilaallisen johtovaltion kanssa. Yhdysvalloilla oli ollut lähes yksinoikeus määrittellä sotilaallista voimaa käytettyään valtaosan maailman sotilasteknologian kehittämiseen varatuista varoista.<sup>126</sup>

Euroopassa laajamittaisen sodankäynnin vallankumouksen ajatus ei ollut yhtä korostunut kuin Yhdysvalloissa. Mielenkiinto kohdistui kuitenkin verkottuviin korkean teknologian järjestelmiin, joiden uskottiin edesauttavan laajamittaisten asevoimien supistamista.<sup>127</sup> Taustana eri asevoimien verkostosodan konsepteille voidaan pitää Yhdysvalloissa kehitettyä *verkostokeskeisen sodankäynnin* konseptia (Network Centric Warfare). Alberts, Garstka ja Stein (2000) määrittelevät sen tietoylivoimaan perustuvaksi konseptiksi, joka synnyttää lisääntyvää taisteluvoimaa

<sup>124</sup> Rekkedal, Nils: *Nykyaikainen sotataito, Sotilaallinen voima muutoksessa*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Edita Prima Oy, Helsinki 2006, s.254; Alberts, David. S.; Ks. John J. Gartska & Frederick P. Stein: *Network Centric Warfare: Developing and Leveaging Information Superiority*. 2nd Edition (Revised), CCRP publication series, USA 2000, s. 1.

<sup>125</sup> Raitasalo, Jyri: *Turvallisuusympäristön muutos ja Suomen puolustus*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Strategian laitos, Julkaisusarja 1, Strategian tutkimuksia No 23, Edita Prima Oy, Helsinki 2008, s. 58.

<sup>126</sup> Sama, s. 67.

<sup>127</sup> Sama, s. 60.

sensorien, päätöksentekijöiden ja aseiden verkottuessa, millä saavutetaan jaettu tilannetietoisuus, kasvanut komentonopeus ja taistelutempo, suurempi tuhovoima sekä lisääntyneet taistelunkestävyys ja itsesynkronoinnin (eräissä käänöksissä itseohjautuvuuden) aste<sup>128</sup>.

Kylmän sodan jälkeen myös Suomeen oli välittynyt painetta teknologiaperustaisen sodan kuvan omaksumiseen, jossa ratkaisevana nähtiin kyky informaation keräämiseen, analysointiin ja välittämiseen<sup>129</sup>. Maailman kehittyneimpien asevoimien kehityssuunta oli noteerattu. Samalla ajateltiin, että muiden maiden laatiessa visioitaan Suomi asettuisi eturivin maihin konkretian ja käytännön sovellusten tasolla. Tällä tarkoitettiin kykyä kehittää verkostoitunutta puolustusta toimivien huipputeknologisten ratkaisujen muodossa.<sup>130</sup> Omaa verkostokeskeisen sodankäynnin sovellutusta alettiin muovata Suomelle vuosituhanen vaihteen paikkeilla, ja viralliseen julkisuuteen aiheen voi katsoa nousseen vuonna 2004 valtioneuvoston selonteossa<sup>131</sup>. Selonteon mukaan Suomelle oltiin luomassa verkostokeskeisen sodankäynnin asettamat vaatimukset täytävä, kaikki puolustushaarat kattava yhteinen tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmä<sup>132</sup>.

Verkostopuolustuksen<sup>133</sup> määritelmä perustuu Kaskealan (2005) puheenvuoroon Lontoon RUSI-konferenssissa (Royal United Services Institute). Kaskela määritteli verkostopuolustuksen *työnimeksi, jolla kuvataan alueellisen puolustuksen kehittämistä. Verkostopuolustuksessa tulevaisuuden tietoverkot ja erilaiset verkostot yhdessä kehittyneiden tieto- ja asejärjestelmien kanssa mahdollistavat yhteisoperaatioiden ja alueellisten operaatioiden toteuttamisen sekä viranomaisyhteistoiminnan kokonaismaanpuolustuksen päämäärien saavuttamiseksi.*<sup>134</sup>

Lähtökohtana verkostopuolustuksen kehittämistyölle olivat maailmallakin tunnetut suomalaiset vahvuusalueet. Niistä ensimmäinen perustui *alueelliseen puolustukseen sekä kokonaismaanpuolustuksen traditioon*, joka pohjautui eri ministeriöiden ja viranomaisten yhteistoimintakulttuuriin, eri hallinnonalojen tukeen Puolustusvoimien päätehtävän toteuttamisessa ja toisaalta Puolustusvoimien velvoitteeseen virka-avun antamisesta. Toiseksi todettiin *tehtävätaktiikkaan*

<sup>128</sup> Alberts et al. (2000), s. 2.

<sup>129</sup> Raitasalo, Jyri & Joonas Sipilä: Sota muutosten kourissa, *Muuttuva sota*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2005, s. 208.

<sup>130</sup> Kaskeala, Juhani: *Puolustusvoimat on yhteiskunnan turvallisuusreservi*, Puolustusvoimain komentajan puhe 174. maanpuolustuskurssin avajaisissa 19.9.2005b, [http://www.eilen.fi/fi/1769/] luettu, 9.2.2018.

<sup>131</sup> Raitasalo (2008), s. 130.

<sup>132</sup> Valtioneuvosto: *Suomen turvallisuus- ja puolustuspoliittikka 2004, Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 24.9.2004*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2004, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2004, s. 97.

<sup>133</sup> Hyytiäinen (2018), s. 192. Yhdysvaltalaisen (Network Centric Warfare) tai ruotsalaisen (Network Based Defence) käsitteen taustalla oli usko verkon itsensä vallankumouksellisuuteen. Lähempänä suomalaista ajatusta oli Iso-Britannian ja Naton käyttämä ilmaus ”Network Enabled Capabilities”, joka näki tietotekniikan vallankumouksen välineenä, ei sisältönä. Suomalainen nimitys ”Network Enabled Defence” halusi lisäksi kertoa sen, että haluamme puolustaa omaa maattamme, emme niinkään varustaa kriisinhallintakyvykkyksiä.

<sup>134</sup> Kaskeala (2005a).



*perustuva operaatiotaito*. Eri organisaatiotasojen esimiehet olivat keskittyneet siihen, mitä alaisen tulee tehdä, mutta jättäneet tämän harkittavaksi, miten tehtävä tulee parhaiten hoidetuksi. Tehtävätaktiikka sivuaa itsesykronointia, jota käsitellään luvussa 3.4. Kolmanneksi vahvuusalueeksi todettiin *suomalainen informaatioteknologian osaaminen*.<sup>135</sup> Huomionarvoista on, että esitetyt kolme kivijalkaa olivat hyvinkin eritasoisia, sen aikaisesta doktriinista ja kokonaisuumaanpuolustuksesta tehtävätaktiikkaan ja suomalaisen IT-alan ”tekemisen kulttuuriin”<sup>136</sup>.

Suomessa kylmän sodan aikainen aluepuolustuksen konsepti oli menettämässä kansainvälisellä tasolla uskottavuuttaan.<sup>137</sup> Verkostopuolustus oli osoitus uudistumisesta, mikä oli keskeistä aluepuolustuksen legitimitetille tulevaisuudessa<sup>138</sup>. Yhteiset suorituskyyvyt, korkean teknologian mahdollistama puolustushaarojen koordinointi ja nopean teknologisen kehityksen suorituskyylyisä olivat johtamassa kansainvälisen trendin mukaisesti pienempiin, mutta tehokkaampiin sodan ajan Puolustusvoimiin<sup>139</sup>. Yhtenä päämääränä oli myös kansainvälinen yhteensopiavuus. Suomi osoitti olevansa mukana Naton tietojärjestelmäarkkitehtuurien kehittämisessä ja kahdenvälisessä yhteistyössä läheisten partnereidensa kanssa.<sup>140</sup> Maanpuolustuksen uskottavuutta mitattiin yhä enemmän sellaisilla monikansallisiin kriisinhallintaoperaatioihin soveltuvilla suorituskyyvyillä, jotka perustuivat korkeaan teknologiaan, laatuun ja erityisosaamiseen<sup>141</sup>.

Suomalaisena ominaispiirteenä oli edellytyksien luominen viranomaisyhteistoiminnalle<sup>142</sup>. Tietoyhteiskunnan kehittyessä verkostopuolustuksen nähtiin laajentavan Puolustusvoimien yhteistoimintamahdollisuuksia alustana turvallisuusviranomaisten yhteisille tietopalveluille ja yhteistoiminnan johtamiselle. Eriytymistä muusta yhteiskunnasta haluttiin välttää. Puolustusvoimat ajateltiin riippuvaiseksi yhteiskunnasta niin henkilöstön, materiaalin, johtamisjärjestelmien ja kuljetuksen kuin huollonkin osalta.<sup>143</sup> Verkostopuolustus kytkeytyi myös yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen ja kohteiden suojaamiseen<sup>144</sup>.

Verkostopuolustuksen ydin ajateltiin kaksinaiseksi – toisaalta erilaisiksi yhteistoimintaverkostoiksi, toisaalta erilaisten tietoverkkojen hyödyntämiseksi<sup>145</sup>. Suomalainen lähestymistapa verkostokeskeisen sodankäynnin ajatusmaailmaan ilmensi uskoa maltilliseen kehitykseen, joka

<sup>135</sup> Kaskeala (2005a).

<sup>136</sup> Hyytiäinen (2018), s. 193.

<sup>137</sup> Raitasalo (2008), s. 160.

<sup>138</sup> Sama, s. 165.

<sup>139</sup> Sama, s. 206–207.

<sup>140</sup> Kaskeala (2005a).

<sup>141</sup> Raitasalo (2008), s. 105.

<sup>142</sup> Kaskeala (2005a).

<sup>143</sup> Kaskeala, (2005b).

<sup>144</sup> Raitasalo (2008), s. 161.

<sup>145</sup> Heinonen, Jyrki: Verkostopuolustus yhteiskunnallisen muutoksen heijastumana, *Kylkirauta 1/2006*, s. 47

perustui olemassa oleviin resursseihin, kansallisiin ydinosaamisalueisiin ja kotimaiseen innovaatiokykyyn. Kehittämistyön ei haluttu vaarantavan valmiutta ja päätehtävän toteuttamista, eikä uusia järjestelmiä tai toimintatapoja ottaa käyttöön ennen niiden toimivuuden todentamista.<sup>146</sup> Verkostopuolustuksen ulkomaisten esikuvien perustuessa oman alueen ulkopuolisiin, usein hyökkäyksellisiin operaatioihin, ei olisi ollut toisaalta järkevääkään ryhtyä kopioimaan esimerkiksi sotilaallisen suurvallan, Yhdysvaltojen mallin mukaista lähestymistapaa<sup>147</sup>.

### 3.2 Verkottuminen ja verkostoituminen

*Verkottumiseen* (networking) liittyvät ilmaukset nousevat keskeisinä esiin verkostopuolustusta sivuavista lähteistä. Käsite *verkostoituminen* (samoin networking) ilmenee myös verkostopuolustuksen työnimestä. Terminologisesti verkottuminen kuvaa verkoksi muodostuvia ilmiöitä, minkä voi tulkita merkitsevän muutakin kuin teknisiä verkkoja<sup>148</sup>. Verkostoitumisella on sosiaaliseen kanssakäymiseen viittaava sävy, joskin myös verkottuminen todetaan sille vaihtoehdokseksi käsitteeksi<sup>149</sup>. Käsitteellä verkottunut puolustus onkin viitattu myös toiminnallisiin ulottuvuuksiin<sup>150</sup>. Oleellista on, ettei kummankaan käsitteen käytössä rajauduta tarkoittamaan pelkkää tekniikkaa. Verkostopuolustuksella tarkoitetaan ennen kaikkea toimintatapaa<sup>151</sup> tai johtamistapaa<sup>152</sup>. Myös verkostokeskeisestä sodankäynnistä todetaan, että se käsittelee ennemminkin verkottumista kuin verkkoja<sup>153</sup>. Tässä tutkimuksessa käytetään kenties hivenen yleisemmin ilmenevää verkottumisen käsitettä, ellei asiayhteys toisin edellytä.

Verkottumisen on ajateltu merkitsevän kykyä kommunikaatioon ja toiminnan koordinoimiseen esimerkiksi pienten taisteluyksiköiden hajautetussa toiminnassa<sup>154</sup>. Myös yleisellä tasolla verkottuneessa organisaatiossa vuorovaikutus ja innovatiivinen osaamisen käyttö on todettu yhdeksi tuotannon tehostamiskeinoksi<sup>155</sup>. Verkottumisen erääksi hieman tekniseksi mittariksi on

<sup>146</sup> Kaskeala (2005a).

<sup>147</sup> Raitasalo (2008), s. 161.

<sup>148</sup> Kielitoimiston sanakirja: *Verkottua*. [<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/verkottua>], luettu 26.3.2019.

<sup>149</sup> Sama, *Verkostoitua*. [<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/verkostoitua>], luettu 26.3.2019.

<sup>150</sup> Puolustusministeriö: *Puolustusministeriön strateginen suunnitelma*. (2011a), s. 3.

[[http://www.defmin.fi/files/1830/plm\\_strateginen\\_suunnitelma.pdf](http://www.defmin.fi/files/1830/plm_strateginen_suunnitelma.pdf)], luettu 22.2.2018.

<sup>151</sup> Korkiamäki, Ilkka: Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäala muutoksessa – organisaatioiden, järjestelmien ja toimintapojen rationalisointia, *Viestimies 1/2007*, 11–15, s. 15.

<sup>152</sup> Mälkki, Jukka; Mano Nokelainen & Antti Rainio: Verkostopuolustuksen muodostuminen tehtävälähtöisessä ja käskytykskeskeisessä johtajuuden käytännössä, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009, s. 55.

<sup>153</sup> Alberts et al. (2000), s. 6.

<sup>154</sup> Hyytiäinen, Mika; Jarmo Lindberg & Juha Mattila (kirjoittajat 2004), Juhana Nenonen (päivitys 2008): Johtamisjärjestelmät, *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025*. Kari, Mikko; Arto Hakala, Elisa Pääkkönen & Markku Pitkänen (toim.), Osa 2, Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, Julkaisuja 15, Ylöjärvi 2008, s. 81.

<sup>155</sup> Sama, s. 85.

todettu verkon solmujen määrä, eli niin sanottu ”solmuttumisen taso ja leveys”<sup>156</sup>. Verkottumisessa tietoliikennejärjestelmillä todetaan toki olevankin tärkeä mahdollistava rooli<sup>157</sup>. Verkottumiseen liittyy skaalautuvuutta – sitä voi tapahtua eri ulottuvuuksissa ja kaikilla tasoilla, strategiselta tasolta taktiselle ja aina taistelutekniselle tasalle saakka<sup>158</sup>.

Laajimmillaan verkostopuolustuksessa on käsitelty *kansainvälistä verkottumista*<sup>159</sup>, *puolustuspoliittista verkottumista*<sup>160</sup> tai *verkottunutta turvallisuutta*<sup>161</sup>. Tavoitteena on ollut puolustuskyvyn turvaaminen monimutkaistuvassa ja uhkakuviltaan muuttuvassa toimintaympäristössä, jossa toisaalta toimijoiden keskinäisriippuvuus kasvaa, mutta samalla käytettävissä olevat voimavarat säilyvät rajallisina<sup>162</sup>. Verkottumisella on tehostettu myös tiedonhankintaa. Verkottumisen etuna on, että tietoa voidaan saada myös kohteista, joita ei ole tarkoituksenmukaista itse tutkia. Verkottumiseen perustuvasta *puolustusratkaisustakin* esiintyy mainintoja<sup>163</sup>.

*Verkottumisen on haluttu kohdistuvan yhä syvemmin myös ympäröivään yhteiskuntaan*<sup>164</sup>. Yhteiskunnalle elintärkeiden toimintojen on ajateltu verkottuvan – tulevaisuudessa yhä enemmän Suomen rajojen ulkopuolelle<sup>165</sup>. Myös uhkien, tai niiden vaikutusten, on ajateltu verkottuvan<sup>166</sup>. *Kansallisen verkottumisen* on ajateltu kehittävän esimerkiksi yhteiskunnan kriisinkestävyyttä, osaamista, huoltovarmuutta ja infrastruktuuria. Yhteistoiminnalla on myös maanpuolustustahtoa lujittava vaikutus. Kustannustehokkuuteen vaikuttaa strateginen kumppanuus elinkeinoelämän kanssa.<sup>167</sup> Verkottumisen avulla saavutetaan kokonaismaanpuolustuksen toimintamallien

<sup>156</sup> Sama, s. 76.

<sup>157</sup> Kärkkäinen, Anssi: *Kognitiiviset tietoliikenneverkot verkostopuolustuksessa*. Esiupseerikurssin 63 tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu 2011, s. 26.

<sup>158</sup> Sama, s. 14–15.

<sup>159</sup> Lehmuslehti Ari (toim.); Janne Ilvonen, Tero Koljonen, Tuomas Liukko, Kai Naumanen, Iiro Penttilä, Niko Hölttä, Jussi Annala, Aki Heikkinen, Matti Honko, Kimmo Hyvärinen, Juha Kauhanen, Tommi Keränen, Sauli Rimmanen, Jukka Saarela, Pasi Saarikoski, Arto Hildén, Jussi Kosonen, Anssi Munkki & Janne Rautiainen: Alueellinen puolustus 2030 - mahdollisuudet ja edellytykset, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009, s. 214.

<sup>160</sup> Puolustusministeriö: *Puolustuspolitiikka, Osastrategia*. (2011b), s. 5. [<http://www.defmin.fi/files/1829/puolustuspolitiikka.pdf>], luettu 22.2.2018.

<sup>161</sup> Mero & Raunu (2009), s.17.

<sup>162</sup> Puolustusministeriö (2011a), s. 12.

<sup>163</sup> Sama, s. 6–7. Konkreettisina päämäärinä on mainittu materiaalihankintojen kustannustehokkuus, teollisuus-, tutkimus- ja teknologiayhteistyö sekä sotilaallinen yhteensopivuus, ja mahdollisesti myös yhteinen puolustus.

<sup>164</sup> Kaskeala, (2005b).

<sup>165</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 213–214.

<sup>166</sup> Mero, Tuomo & Mika Raunu: Alueellisesta puolustuksesta verkottuneeseen turvallisuuteen 2030 – Radikaalia transformatiota vai pientä hienosäätöä? *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009, s. 11.

<sup>167</sup> Puolustusministeriö (2011b), s. 4.

mukaisesti puolustuksen edellyttämä julkisen ja yksityisen sektorin, sekä toki myös kansainvälisen yhteisön tuki<sup>168</sup>. Verkkomaisuuden lisääntyessä monimutkaistuvassa toimintaympäristössä myös keskinäisriippuvuuden tai riippuvuuden muista toimijoista on ajateltu kasvavan<sup>169</sup>.

Erityisesti suomalaisessa verkostopuolustuksessa on korostunut alusta saakka *toiminnallinen ja sosiaalinen verkottuminen*<sup>170</sup>. Esimerkiksi tiedon ja hyvien käytänteiden jakamisen on ajateltu vaikuttavan yhteiskunnan eri organisaatioiden verkostoituessa myös yli organisaatorajojen<sup>171</sup>. Verkostoituneen yhteiskunnan suojaamisen on ajateltu vaativan kokonaisvaltaista puolustamista yhteisin voimavaroin, ja erityisesti viranomaisilta lisääntyvää yhteistyötä, koordinointia ja yhteistyöpainotteisen ajatusmallin kehittämistä<sup>172</sup>. Konkreettisia verkostopuolustukseen nivoutuneita turvallisuusviranomaisten verkottumisen välineitä ovat olleet viranomaisverkko VIRVE, sekä siihen liittyneet DCN (Deployable COTS Network<sup>173</sup>) ja TETRA (Terrestrial Trunked Radio<sup>174</sup>) -teknologiat. Myös nykyisen TUVE-verkon (turvallisuusverkko) kehittäminen aloitettiin tuolloin, aluksi SecNet-verkon nimellä.<sup>175</sup>

*Taistelukentän tasolla* verkottumisen keskeisenä sisältönä on nähty sellaisen järjestelmän luominen, joka kykenee liittämään kaikki taistelukentän sensorit ja asejärjestelmät käyttäjiineen toisiinsa<sup>176</sup>. Taustalla on vaikuttanut tarve vähenevien joukkojen ja aselavettien maksimaaliseen hyödyntämiseen käyttämällä niitä verkottuneesti yhteisoperaatioissa<sup>177</sup>. Verkostokeskeisen sodankäynnin kehittäjät kuvaavat verkottumista solmuina ja niiden välisinä yhteyksinä (linkkeinä). Solmut tekevät asioita – aistivat, päättävät ja toimivat – kun taas päätöksiin tarvittava ja niistä syntyvä informaatio kuljetetaan solmulta toiselle yhteyksiä pitkin.<sup>178</sup> *Aistivat solmut (sensorit)* tarkoittavat satelliiteista ihmissilmiin kaikkia osapuolia, jotka rakentavat tilanetietoisuutta. *Toimijat (aktorit)* ovat solmuja, jotka synnyttävät tosiasiallista ”arvoa” taisteluvoiman muodossa taistelukentällä. Tämä voi tarkoittaa sekä tavanomaisia että epätavanomaisia

<sup>168</sup> Puolustusministeriö (2011a), s. 7.

<sup>169</sup> Sama, s. 10–12.

<sup>170</sup> Kärkkäinen (2011), s. 5.

<sup>171</sup> Saarelainen, Mikko & Tero Savonen: Sotiluus verkostoituvassa toimintaympäristössä 2030, *Verkostoavustettujen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009, s. 140.

<sup>172</sup> Mero & Raunu, s. 21–22.

<sup>173</sup> Kaupallisen teknologian (COTS, Commercial Off-The-Self) hyödyntämiseen perustunut, erityisesti kriisinhallinnassa hyödynnetty verkkoratkaisu. Ks. [<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/2005-05-12/Suomalaiset-kehittiv%C3%A4t-verkkoratkaisun-kriisialueille-3284146.html>], luettu 26.3.2019.

<sup>174</sup> Viranomaisille suunnattu puheradioverkko. Ks. [<https://fi.wikipedia.org/wiki/TETRA>], luettu 26.3.2019.

<sup>175</sup> Hyttiäinen (2018), s. 193.

<sup>176</sup> Karsikas, Jarkko: *Maavoimien verkostokeskeisen tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri ja sen toteuttaminen*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 1, 28/2007, Edita Prima Oy, Helsinki 2007, s. 34.

<sup>177</sup> Antikainen, Simo: Verkostopuolustus ja taktiset periaatteet – Mikä muuttuu?, *Kylkirauta*. Nro 3/2006, s. 15.

<sup>178</sup> Alberts et al. (2000), s. 94.

keinoja. *Päätöksentekijät* ovat solmuja, jotka suorittavat moninaisia funktioita, esimerkiksi resursseja kohdentavia päätöksiä, ja niitä löytyy kaikilta organisaatiotasoilta.<sup>179</sup>

Verkostopuolustuksessakin on pyritty muodostamaan sensoreiden, asejärjestelmien ja päättäjien välille reaaliaikainen yhteys kaikilla organisaation tasoilla. Yksi verkostopuolustuksen keskeisimmistä kehittämisohjelmista onkin ollut *integroidun tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän (ITVJ)* luominen.<sup>180</sup> Kenttäohjesäännössä 2008 määriteltiin ITVJ:n yhdessä siihen kytkettyjen sensoriverkostojen kanssa mahdollistavan paikasta riippumattoman päätöksenteon, puolustusvoimien yhteisten ja puolustushaarojen suorituskykyjen johtamisen sekä yhteistoininnan muiden viranomaisten kanssa<sup>181</sup>. Integraatiolla on ajateltu nopeutettavan ratkaisevasti päätöksentekoa ja kasvatettavan myös olemassa olevien järjestelmien suorituskykyä. Esimerkiksi yksittäisen Hornet-hävittäjän suorituskyvyn on ajateltu kasvavan kaksi- ja puolikerlaiseksi, kun lentäjä saa koneeseensa jatkuvan reaaliaikaisen tilannekuvan.<sup>182</sup>

Tulevaisuuden visioissa myös taistelukentän erikoistuneiden joukkojen on ajateltu toimivan hajautetussa asejärjestelmien ja sensoreiden verkostossa, jossa kehittynyt tilanneymmärrys mahdollistaa päätöksentekoa yhä alemmilla organisaation tasoilla. Aikaisempaa joustavampien ja dynaamisempien joukkojen on ajateltu olevan hajautettuina myös vähemmän haavoittuvia.<sup>183</sup> Maajoukkojen kannalta haasteena on nähty se, etteivät ne hyödy laajoista integraatiohankkeista ainakaan suoranaisesti, elleivät järjestelmät tarjoa tarkkaa sensoritietoa myös maaviihollisen ryhmyksestä. Epäsuorasti verkostopuolustuksen hankkeisiin on kuitenkin kytkeytynyt maavoimien tietojärjestelmä MATI, työkalu, jonka on ajateltu mahdollistavan rinnakkaista suunnittelua ja toimeenpanoa taistelevissa joukoissa.<sup>184</sup>

Verkottumisen ajatellaan *lisäävän tai moninkertaistavan taisteluvoimaa*<sup>185</sup>. Omien joukkojen verkottumisen on ajateltu parhaimmillaan tuottavan taistelussa ratkaisevaakin etua. Sen ei ole

<sup>179</sup> Sama, s. 116.

<sup>180</sup> Heinonen (2006), s. 47.

<sup>181</sup> *Kenttäohjesääntö 2008, Yleinen osa*. Edita Prima Oy, Helsinki 2007, s. 38.

<sup>182</sup> Kaskeala (2005b); Ks. myös Lehto, Martti: Johtamisen transformaatio ilmavoimissa, *Sotilasjohtamisen tiedon kohteet*. Huhtinen, Aki-Mauri (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Artikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006, s. 222. Verkottuneen tilannekuvan mahdollisuuksia on sovellettu taistelutoimintaan myös muilla hankkeilla, erityisesti ilmapuolustuksessa. Yhtenä keskeisempänä tekijänä on ollut johtamiskyvyn menettämisen välttäminen yhdistämällä valtakunnallisesti hajautettujen valvontaresursien tuottamaa tietoa niin sanotussa MST-hankkeessa (Multi Sensor Tracking). Fuusioimmalla kaikkien puolustushaarojen ilmapuolustuksen sensorien havainnot on rakennettu automaattista maalitilannekuvaa ilmapuolustuksen, meripuolustuksen, ilmatorjunnan ja tiedustelualan tarpeisiin.

<sup>183</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 182.

<sup>184</sup> Saariaho, Pekka & Pekka Sviili: Sodanajan johtamisen haasteet maavoimien joukoissa, *Sotilasjohtamisen tiedon kohteet*. Huhtinen, Aki-Mauri (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Artikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006, s. 247–248.

<sup>185</sup> Alberts et al. (2000), s. 92; Kärkkäinen (2011), s. 48.

ajateltu lisäävän suoranaisesti tulivoimaa ja liikkuvuutta, mutta oikein käytettynä parantavan päätöksentekokykyä, nopeaa toimeenpanoa tai kykyä käyttää tulta ja liikettä tehokkaammin.<sup>186</sup> Verkostokeskeisen sodankäynnin kehittäjät vetoavat taisteluvoiman radikaaleimpana perusteluna niin sanottuun Metcalfin lakiin, vaikka huomauttavatkin, ettei sitä voi soveltaa kirjaimellisesti. Lain mukaan verkottuneen toiminnan arvo kasvaa eksponentiaalisesti verkon käyttäjien (solmujen) lukumäärän neliönä ( $n^2$ ).<sup>187</sup>

Verkostokeskeisen sodankäynnin ensimmäinen niin sanottu avainperiaate liittyy maantieteellisesti hajallaan olevan voiman verkottumiseen. Se perustuu toimintojen hyödyntämiseen samanaikaisesti eri paikoissa. Keskittääkseen voimaa ei ole välttämätöntä keskittää joukkoja, mikä vähentää maantieteellisiä rajoitteita. Sen lisäksi, että liikkeen tarve vähenee myös suojan ulottuvuuteen vaikuttaa pienentynyt ”jalanjälki”, kun suuria massoja ei tarvitse keskittää. Kun aikaisemmin hajallaan oleva voima on ollut heikkous, verkostokeskeisessä ajattelussa se nähdään mahdollisuutena.<sup>188</sup> Kyseiseen verkostokeskeisyyden periaatteeseen löytyy esimerkkejä myös käydyistä sodista. Esimerkiksi Afganistanin sota aloitettiin Tomahawk-risteilyohjuksilla, jotka oli laukaistu sotilasalusten kansilta – maahan, jolla ei ole lainkaan merirajaa. Länsimaiset sotilaat laser-ohjasivat nämä maaleihinsa hevosen selästä vaikeassa maastossa. Irakin ensimmäisessä sodassa operaatioita toimeenpantiin jo osittain pelkkien näyttöruutujen kautta.<sup>189</sup>

*Tehokkaan linkittymisen avainperiaate*<sup>190</sup> (effective linking) merkitsee taistelulentän kokonaisuuksien keskinäistä synergiaa – sekä tiedon että suorituskykyjen jakamisessa. Lisäksi dynaamisuutta parantaa se, että vastuuta ja työtä kyetään jakamaan adaptiivisemmin ja tilannesidonnaisemmin.<sup>191</sup> Kosola (2007) on sivunnut samaa periaatetta käsitellessään suorituskykyjen verkottuvaa kehitystä. Tulevaisuuden suorituskykyjen on ajateltu muodostuvan yhteiskäyttöisistä kokonaisuuksista: sensoreista, vaikuttamiselementeistä, johtamisjärjestelmistä ja tiedonsiirtoalustoista. Sen on arvioitu merkitsevän toimialojen uudelleenryhmittymistä, jossa sensoreita tai aselavetteja ei omisteta. Haluttuja suorituskykyjä käytettäisiin tarpeen mukaan. Verkkoelementit kykenisivät myös eri rooleihin – sekä aseiksi, sensoreiksi että tiedon välittäjiksi.<sup>192</sup>

<sup>186</sup> Rekkedal, Nils & Milan Vego: *Operaatiotaito, Operaatiotaidon kehittyminen neljässä suurvallassa*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Julkaisusarja 1, N:o 1/2013, Edita Prima Oy, Helsinki 2013, s. 211.

<sup>187</sup> Alberts et al. (2000), s. 103–108.

<sup>188</sup> Sama, s. 90–91.

<sup>189</sup> Rantapelkonen, Jari: Näyttöruudun takana – Sotilasjohtaminen verkostoituneessa informaatioympäristössä, Sotilasjohtamisen tiedon kohteet. Huhtinen, Aki-Mauri (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Artikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006, s. 112.

<sup>190</sup> Verkostokeskeisen kolmas avainperiaate. Käsittelemättä jätetty toinen periaate kuvataan luvussa 3.3.

<sup>191</sup> Alberts et al. (2000), s. 91.

<sup>192</sup> Kosola, Jyri: *Suorituskyvyn elinjakson hallinta*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 5, Nro 7/2007, Edita Prima Oy, Helsinki 2007, s. 18.

Edellä mainittuja periaatteita on sovellettu esimerkiksi siirtymiskykyisten operaatiokeskusten SOKE-konseptissa, joka on perustunut kuusimiehiin kontteihin hajautettuihin esikuntiin, tietovoimaloihin keskitettyyn tietoon ja esikuntatyön suorittamiseen verkossa. Esikuntien seinille on heijastettu yhtä aikaa useiden tietojärjestelmien näkymiä. Konseptin todetaan tavoitelleen hajauttamisen tuomaa suojaa ja tappionsietokykyä, reaaliaikaisempaa tilannetietoisuutta sekä uudenlaisia prosesseja ja johtamisjärjestelmärakenteita, jotka ovat perustuneet yhteisten tuotteiden laatimiseen. Samanaikaisesti käyttöön on otettu muun muassa FINGOP-suunnitteluprosessi, minkä ajattelutapana on todettu vaikuttaneen aina tehtävätaktiikkaan saakka.<sup>193</sup> Myös ilmapuolustuksen johtamispaikkakonseptia on kehitetty kohti hajautettua ratkaisua. Verkottuminen on mahdollistanut sen, etteivät toimijat ole sidoksissa tiettyyn toimipaikkaan ja voivat sijaita fyysisesti eri paikoissa. Yksittäinen johtamiselin voi muodostua maantieteellisesti hajallaan olevista osista, mutta virtuaalisesti yhdestä kokonaisuudesta. Hajauttaminen voi mahdollistaa toiminnan jatkamisen, vaikka joku johtamiselimen osista menettäisi toimintakykysä.<sup>194</sup>

Virtuaalijohtamisen todetaan vähentäneen paikkasidonnaisuutta, kun johtamispaikaksi soveltuu lähes mikä tahansa paikka, jonne tiedonsiirtoyhteys on toteutettu. Myös johtopaikan rooli on määräytynyt fyysisten laitteiden sijaan siellä toimivien operaattoreiden roolien perusteella virtuaaliverkon toteuttaessa johtamiseen tarvittavat tiedot ja oikeudet toimintapositioneille. Virtuaalisuus on antanut johtajille myös mahdollisuuden tilanteen reaaliaikaiseen seurantaan ja vähentänyt sitoutumista aika- ja paikkasidonnaisiin tilanneselostuksiin tai käskynantoihin.<sup>195</sup> Samoja virtuaalisuuden etuja ilmenee myös verkostokeskeisen sodankäynnin konseptista. Useiden tukikohtien välisessä operoinnissa etua on siitä, jos ihmisten liikuttelun sijaan ainoastaan informaation tarvitsee liikkua<sup>196</sup>. Kun käsitystä todellisuudesta luodaan taistelulentällä tai operaatiossa tehtyjen havaintojen sijaan näyttöruutujen ääressä, myös sotilasjohtamisen on ajateltu muuttuvan. Virtuaalistuvan toimintaympäristön on uskottu edellyttävän johtajalta yhä korkeampaa osaamista ja sivistystä sekä toimeenpanokyvyn sijaan korkeampaa analyttisyyttä.<sup>197</sup>

### 3.3 Tiedon ja informaation näkökulma

Kosola ja Solante (2000) vertaavat digitaalista tietoa 1600-luvulla suoritettuun aseiden standardointiin. Aseiden osia ja ampumatarvikkeita vakioimalla mahdollistui luotien, patruunoiden ja piippujen sarjavalmistus. Vastaavalla tavalla myös digitaalitekniikka on mahdollistanut tiedon

<sup>193</sup> Hyytiäinen (2018), s. 195–196.

<sup>194</sup> Lehto (2006), s. 224–227.

<sup>195</sup> Sama, s. 226–227.

<sup>196</sup> Alberts et al. (2000), s. 108–109.

<sup>197</sup> Rantapelkonen (2006), s. 118–121.

massamaisen hyväksikäytön kaikissa järjestelmissä.<sup>198</sup> Tiedon merkitys verkottuneiden järjestelmien muodostamassa kokonaisuudessa on nähty keskeisenä kyseisiä elementtejä kytkevänä tekijänä. Kehittyneen tilannetietoisuuden on ajateltu parantaneen kykyä vihollisen havaitsemiseen. Samalla kyvyn tilannetietoisuuden optimaalisen hyödyntämiseen on nähty kehittyneen<sup>199</sup>. Tietoa käsitteenä sivuaa *data*, jonka on todettu merkitsevän jäsentymätöntä sensorien tuottamaa raaka-ainetta. *Informaation* on todettu merkitsevän dataa, joka on liitetty asiayhteyteen. Ihmisen aivoissa prosessoituneiden havaintojen on todettu merkitsevän yleensä informaatiota.<sup>200</sup>

Verkostokeskeisen sodankäynnin kehittäjät toteavat informaation nousseen erityisesti liiketoiminnan pääraaka-aineeksi, polttoaineeksi tai tuotteeksi. Informaatioteknologia on parantanut kykyä datan keräämiseen ja varastoitumiseen, sen prosessoimiseen ja analysoimiseen informaatioksi sekä laajaan jakamiseen.<sup>201</sup> Sen todetaan korvanneen materiaa, ja ihmisten liikkumista tiedon liikuttelulla<sup>202</sup>. Informaation jakamisen todetaan tehostavan resurssien jakautumista ja arvoketjujen kaikkia osa-alueita vähentäen samalla kustannuksia ja riskejä<sup>203</sup>. Informaatioaika on synnyttänyt arvon luomiseen tapoja, jotka eivät aikaisemmin ole olleet mahdollisia<sup>204</sup>. Yhteiskunnan muuttuessa globaaliksi jälkitekolliseksi tietoyhteiskunnaksi myös sodankäynti on alkanut muuttua<sup>205</sup>. Verkostopuolustuksen on ajateltu vastaavan jossain määrin informaatioyhteiskunnan ja informaationsodankäynnin haasteisiin<sup>206</sup>, mutta ennen kaikkea sen on ajateltu laajentavan Puolustusvoimien kykyä tarttua kehittyvän tietoyhteiskunnan mahdollisuuksiin<sup>207</sup>.

Verkostokeskeisen sodankäynnin toinen avainperiaate määrittää verkostokeskeisen sotavoiman olevan tietävää ja ymmärtävää. Tietoisuus taistelukentän tilasta ja ymmärrys komentajien tahdosta mahdollistaa joukkojen itsesykronoinnin, operoinnin pienellä jalanjäljellä ja suuremman tehokkuuden itsenäisessä toiminnassa.<sup>208</sup> Erityisesti verkostokeskeisessä sodankäynnissä on uskottu sodan sumun ja kitkan hälventämiseen. Ratkaisuna sodan sumuun on nähty parantunut

<sup>198</sup> Kosola, Jyri & Tero Solante: *Digitaalinen taistelukenttä. Informaatioajan sotakoneen tekniikka*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Julkaisusarja 1, N:o 7, Oy Edita Ab, Helsinki 2000, s. 11.

<sup>199</sup> Raitasalo (2008), s. 205.

<sup>200</sup> Hyytiäinen, Lindberg & Mattila (2004), s. 60.

<sup>201</sup> Alberts (2000), s. 18–19.

<sup>202</sup> Sama, s. 94.

<sup>203</sup> Sama, s. 38.

<sup>204</sup> Sama, s. 32.

<sup>205</sup> Kosola & Solante (2000), s. 12; Ks. Raitasalo (2008), s. 158–159. Yhteiskunnallinen kehitys on johtanutkin varsin hajanaiseen käsitteiden kokonaisuuteen (informaationsodankäynti, tietosodankäynti, johtamissodankäynti, psykologinen sodankäynti, elektroninen sodankäynti, tietoverkkosodankäynti, kybersodankäynti jne.); Vrt. Rantapelkonen (2006), s. 110. Verkosto- tai verkkokeskeisyyden lisäksi voisi puhua informaatiokeskeisyydestä.

<sup>206</sup> Kaskeala, Juhani: *"Informaationsota ja maanpuolustustahto – haasteita Suomen puolustusjärjestelmälle"*, Puolustusvoimain komentajan, amiraali Juhani Kaskealan puheenvuoro MTS:n 30-vuotisjuhlaseminaarissa 31.5.2006, [http://www.eilen.fi/fi/1857/], luettu 9.2.2018.

<sup>207</sup> Kaskeala (2005b).

<sup>208</sup> Alberts et al. (2000), s. 91. Tietävä ja ymmärtävä sotavoima on ilmaistu sanoilla ”knowledgeable force”.



tilannekuva ja ratkaisuna kitkaan yhteinen tilanneymmärrys.<sup>209</sup> Verkostokeskeisessä sodan käynnissä tiedon hallinnointi on kulminoitunut tieto- tai informaatioylioiman käsitteeseen. Myös tässä yhteydessä on vedottu yritysten saavuttamaan tietoylioiman tilaan, jonka ne ovat kääntäneet kilpailuedukseen siirtymällä verkostokeskeiseen toimintatapaan.<sup>210</sup>

Hyytiäinen (2018) on määritellyt tietoylioiman kyvyksi kerätä, käsitellä ja välittää keskeytymätön tietovirta, samalla kun se kiistetään vastustajalta. Teknologialla hankittu ylivoima ei ole todellista, ennen kuin se on muokattu ylivoimaiseksi tietämykseksi<sup>211</sup> ja päätöksiksi sekä päätösten mukaiseksi toiminnaksi. Käsitteellisesti tätäkin ylempänä olevan päätösylioiman hankimisessa verkottuminen on keskeinen organisointiperiaate.<sup>212</sup> Tietoylioima voi muodostua toisaalta suhteessa muihin toimijoihin, mutta myös suhteessa toimintaympäristöön. Pohjimmiltaan se ei kuitenkaan perustu informaation määrään. Keskeinen haaste on, että tietoylioiman tulisi olla ennen kaikkea laadullinen käsite.<sup>213</sup> Pelkällä tiedolla sotia ei ole ajateltu voitettavan, mutta sen on ajateltu mahdollistavan menestystä pienemmällä massalla ja tappioilla<sup>214</sup>.

Rauno ja Tuija Kuusisto (2006) ovat määritelleet verkostopuolustuksen tilassa ja ajassa vuorovaikuttavaksi, muuttuvaksi sosiaaliseksi systeemiksi, jonka rakenteissa virtaa tietoa ja jossa tapahtuu teknologian mahdollistamia operaatioita<sup>215</sup>. Verkostopuolustuksen systeemissä syntyy tietoa, mutta se myös antaa ja vastaanottaa tietoa vuorovaikutuksessa ympäröivän maailman kanssa. Verkostopuolustuksen johtaminen on pohjimmiltaan systeemin sisäisten ja sen ulkoisten tietovirtojen luomista, suuntaamista ja vastaanottamista verkostopuolustuksen päämäärän mukaisesti.<sup>216</sup> Tiedon on todettu merkitsevän myös rakenteen, toiminnan ja tietovirtojen systeemiä. Rakenteellisesti tieto hahmottuu tällöin tietomalleina, toiminnan näkökulmasta tiedonhallintaprosesseina ja tietovirtojen osalta kahden edellisen tarvitsemina ja tuottamina tietosisältöinä. Tavoitetilassa kullakin toimijalla olisi yhteisellä foorumilla jaettuun tietomalliin, tiedonhallintaprosessiin ja tietosisältöön perustuva yhteinen tietoalkio.<sup>217</sup> Pelkkä reaaliaikainen tieto ei kirjoittajien mukaan mahdollista tehokasta johtamista<sup>218</sup>.

<sup>209</sup> Sama, s. 71. Sodan sumulla viitataan yleiseen epävarmuuteen tai epätietoisuuteen, ja kitkalla vaikeuteen suunnata komentajan tahtoa toiminnaksi.

<sup>210</sup> Sama, s. 1.

<sup>211</sup> Ks. Hyytiäinen, Lindberg & Mattila (2004), s. 60. Tietämys todetaan jalostetuksi ja yhdistetyksi informaatioksi, johon liittyy tulkinnallisuutta. Ymmärrykseen liittyy tiedon arvottaminen ja merkitys osana kokonaisuutta.

<sup>212</sup> Hyytiäinen (2018), s. 190.

<sup>213</sup> Rantapelkonen (2006), s. 110.

<sup>214</sup> Kosola & Solante (2000), s. 9.

<sup>215</sup> Kuusisto, Rauno & Tuija Kuusisto: Verkostopuolustuksen johtaminen – tietovirtojen näkökulma itsesynkronoitumiseen, *Tiede ja ase 64*, 2006, s. 38.

<sup>216</sup> Sama, s. 40–41.

<sup>217</sup> Sama, s. 43–44.

<sup>218</sup> Sama, s. 53; Ks. Lehto (2006), s. 220. Esimerkiksi ylin johtaja ei kuitenkaan tarvitse kaikkea alatasen tietoa.

Hyytiäinen (2018) on määritellyt verkostopuolustuksesta kolme avaintekijää. Ensimmäinen on perustunut tietovoimoihin, joihin tieto on keskitetty hajautetuilta palvelimilta. Tietovoimailoista jokainen saa käyttöönsä sen mitä tarvitsee riippumatta siitä, kuka tiedon on muodostanut. Samalla varmistuu myös tiedon tuoreus. Toinen tekijä on perustunut kasvavaan tiedonsiirtokapasiteettiin ja yhteyksien moninkertaistuvaan määrään. Tieto liikkuu ja yhdistää joukkoja yhä reaaliaikaisemmin samalla, kun yhä todennäköisemmin vähintään joku yhteys toimii. Kolmas tekijä on perustunut parantuvaan tietojen analysointikykyyn. Yhteen kerätty tieto tarjoaa enemmän ja sen analysointiin voidaan keskitetysti hankkia parempia välineitä ja osaamista.<sup>219</sup>

Myös Karsikkaan (2007) mukaan operaatioiden suunnittelu ja johtaminen on vaatinut tietovarastojen kytkemistä verkostoon siten, että tarvittava tietosisältö on kaikkien saatavilla<sup>220</sup>. Verkostokeskeinen prosessi pohjautuu useista erilaisista lähteistä koottuun tietoon, kun taas aikaisemmin lähteenä on käytetty lähinnä sotilaallisia sensoreita ja järjestelmiä. Informaation jakelu ei ole ainoastaan työnnettyä ja johtosuhteita seuraavaa, vaan haettua tai täsmätyönnettyä ja välitykseltään laajaa. Asiantuntijuuden saatavuus on aikaisempaan verrattuna laajaa. Lisäksi jokainen yhteisö muokkaa informaatiota, ei ainoastaan kuljeta sitä osana suunnitelmaa. Tämä edellyttää kollaboraation mahdollistavaa johtamisympäristöä, jossa korostuvat rinnakkaisuus ja jatkuvuus. Tietoturva-ajattelun kannalta painopisteen on muututtava tiedon saatavuuden rajoittamisesta sen ajankohtaisuuden ja oikeellisuuden valvontaan.<sup>221</sup>

### 3.4 Päätöksenteon ja toimeenpanon näkökulma

Päätöksenteon ja toimeenpanon aihealueen teoreettisuutta kuvastaa se, että sitä on lähestytty laajasti tietoa sivuavien ulottuvuuksien kautta. Ulottuvuuksien suhdetta päätöksentekoon kirjoittajat ovat yksinkertaistaneet Boydin OODA-teorian<sup>222</sup> avulla. Havainnot on tehtävä fyysisessä ulottuvuudessa, mutta siirrettävä yksilöiden tietoisuuteen informaatioulottuvuuden kautta. Orientaatiovaiheessa siirrytään kognitiiviseen ulottuvuuteen, kun havainto prosessoituu yksilön tietämyksen, kokemusten ja harjaantuneisuuden pohjalta. Myös päätös syntyy kognitiivisessa ulottuvuudessa, mutta sen toimeenpano on suoritettava jälleen usein informaatioulottuvuuden kautta, siirtyen lopulta fyysisen ulottuvuuden toiminnaksi.<sup>223</sup>

<sup>219</sup> Hyytiäinen (2018), s. 205.

<sup>220</sup> Karsikas (2007), s. 47.

<sup>221</sup> Sama, s.33–34.

<sup>222</sup> OODA-lyhenne perustuu teorian määrittämiin päätöksentekoprosessin vaiheisiin: havaintoihin (observation), orientoitumiseen, päätökseen (decision) ja toimintaan (action).

<sup>223</sup> Alberts, David. S.; John J. Gartska, Richard E. Hayes & David A. Signori: *Understanding Information Age Warfare*. CCRP publication series, USA 2001, s. 132–133.

Tiedon määrä ja sen parantunut laatu on nähty avaimena päätöksenteon nopeutumiseen ja tehostumiseen. Keskeisenä on pidetty myös jatkuvuutta – sitä, että kyetään hyväksikäyttämään jatkuvasti päivittyvää tietoa toiminnan tarkoituksenmukaiseen suuntaamiseen<sup>224</sup>. Tämän on taas uskottu mahdollistavan irrottautumisen defensiivisesti orientoituneesta lähestymistavasta, jonka sodan sumu ja kitka ovat aikaisemmin aiheuttaneet. Sen sijaan tulevaisuuden vahvuutena on pidetty aiempaa parempaa proaktiivisuutta, ketteryyttä ja kykyä fokuoitetuun erilaisiin asioihin kuin aikaisemmin.<sup>225</sup> Esimerkiksi ensimmäisen Persianlahden sodan menestystekijänä on nähty tilanteen arvioimiseen, operaation suunnittelemiseen ja sen toteuttamiseen kuluvan prosessin nopeuttaminen. Sen ansiosta koalition joukot pysyivät jatkuvasti vihollisen edellä, pitivät aloitteen itsellään ja pakottivat vihollisen jatkuvaan reagointiin.<sup>226</sup> Hajautetuissa verkoissa prosessien on ajateltu tehostuvan entisestään, mikäli sensorien ja aseiden väliset yhteydet lisääntyvät – jopa täys- tai puoliautomaattisena toimintana ennalta luotujen uhkamallien mukaisesti<sup>227</sup>.

Toiminnallisesti päätöksenteon on ajateltu muuttuvan siten, että sitä mahdollistetaan kaikilla organisaation tasoilla. Johtamisen tietovirtojen on ajateltu rikkovan puumaisia organisaatiokenteitä ja toimintojen sitoutumista tiettyyn organisaatiotasoon – niin strategista, operaatiotaidollista kuin taktistakin toimintaa on mahdollista suorittaa kaikilla tasoilla<sup>228</sup>. Vaikka verkon solmujen määrä olisi sama kuin hierarkkisessa verkossa, poikittaisten ja risteävien linkittymien mahdollistaminen kasvattaa radikaalisti myös vuorovaikutusta ja synergiaa<sup>229</sup>. Tämä on nähty osittain myös välttämättömäksi, mikäli siirrytään maantieteellisesti hajautettuihin toimintatapoihin. Samalla sen on kuitenkin uskottu osaltaan olevan keskeinen keino lisätä taistelutempoa ja päästä etulyöntiasemaan.<sup>230</sup> Myös ilmapuolustuksessa olennaiseksi osaksi hajautettujen hävittäjäyksiköiden käyttöä on haluttu päätöksenteon delegoiminen mahdollisimman alas<sup>231</sup>.

Alkuperäislähteissä lisääntyneen tempon ja reagointikyvyn huipentumana on nähty niin sanottu itsesynkronointi, joka mahdollistaa joukon operoinnin ilman perinteisiä, hierarkkisia taistelun johtamisen mekanismeja<sup>232</sup>. Myös verkostopuolustuksessa kaikille tasoille yhteisen tilannekuvan on ajateltu mahdollistavan tehtävätaktiikkaa, antavan vapautta päätöksentekoon ja huipen-

<sup>224</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 181.

<sup>225</sup> Alberts et al. (2000), s. 159.

<sup>226</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 170.

<sup>227</sup> Sama, s. 178.

<sup>228</sup> Kuusisto & Kuusisto (2006), s. 42.

<sup>229</sup> Ks. Alberts & Hayes (2003), s. 91.

<sup>230</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 177–178.

<sup>231</sup> Lehto (2006), s. 226.

<sup>232</sup> Alberts et al. (2000), s. 174–175.

tuvan parhaimmillaan itsesyntronointiin. Se taas liittyy verkostopuolustuksen taktiseen visioon, jossa hajautetut joukot keskitetään tilannekuvan avulla iskuihin<sup>233</sup>. Itsesyntroinnin on ajateltu tarjoavan yksiköille kyvyn toimintansa sovittamiseen kaikkien osapuolten jakaman tilannekuvan mahdollistamana ilman hierarkkisen auktoriteetin käskyjä tai ohjausta.<sup>234</sup> Eräänä esimerkkinä aihetta sivuavasta toimintatapojen muutoksesta on pidetty parveilutaktiikkaa, jossa pienet hajautetut yksiköt iskevät samanaikaisesti useilta suunnilta vastustajan perinteisesti organisoitua joukkoa vastaan. Keskitäminen perustuu hyvään tilannekuvaan ja tehtävätaktiikkaan.<sup>235</sup> Terminologisesti parveiluun liittyy tässä tutkimuksessa sekaantumisen vaara, sillä myös älykkäiden lennokkiparvioiden sotilaskäytöstä käytetään samaa käsitettä (ks. luku 5.3.1). Keskitettyä päätöksentekoa tai hierarkkisuutta ole kuitenkaan poissuljettu. Esimerkiksi tutuissa tilanteissa tai tehtävissä on ajateltu perinteisen hierarkkisen organisaation hiottuine prosesseineen kykenevän optimoituun, kehittyneeseen ja tilanteeseen parhaiten sopivaan toteutustapaan. Sen sijaan uudentilanteissa ja tehtävissä tilannetietoisten yksilöiden ketteryys ja kyky sopeutua tilanteeseen voi olla hyvä, mutta hierarkkisen organisaation ketteryys riittämätön.<sup>236</sup>

### 3.5 Verkostopuolustuksen kritiikkiä

Erityisesti verkostopuolustuksen taustalla olevaa verkostokeskeistä sodankäyntiä on kritisoitu siitä, että se yliarvioi tekniikan kehityksen vaikutusta sodankäyntiin<sup>237</sup>. Myös liiketoimintaan pohjautuvien periaatteiden soveltamista sodankäyntiin on pidetty ongelmallisina<sup>238</sup>. Ylivoimaisenkin informaatioteknologian käyttöön todetaan liittyvän ongelmia, kuten mikrojohtamista tai riittämätöntä koulutustasoa, jotka voivat johtaa jopa teknologian potentiaalinen hukkaamiseen. Myös ajatusta asevoiman supistamisesta teknologiseen kehitykseen tai taistelukentän tyhjenty-miseen tuudittautuen on pidetty riskinä ja sotahistorian kokemuksiin peilaten vaarallisena<sup>239</sup>.

Verkostopuolustuksessakin huomion kiinnittymistä teknologiaan on pidetty haasteena<sup>240</sup>. Liiallisen teknologiaan nojautumisen on ajateltu lisäävän myös haavoittuvuutta<sup>241</sup>. Vaikka verkostopuolustuksen taustalla on vaikuttanut pyrkimys kustannustehokkuuteen, esiin ovat nousseet

<sup>233</sup> Hyytiäinen (2018), s. 198.

<sup>234</sup> Hyytiäinen, Lindberg & Mattila (2004), s. 82.

<sup>235</sup> Sama, s. 84–85.

<sup>236</sup> Alberts, David. S & Richard E. Hayes: *Power To the Edge*. CCRP publication series, USA 2003, s. 219–220.

<sup>237</sup> Rekkedal & Vego (2013), s. 194.

<sup>238</sup> Sama, s. 197–199.

<sup>239</sup> Sama, s. 211.

<sup>240</sup> Mero & Raunu (2009), s. 22.

<sup>241</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 187.

myös rajalliset resurssit ja pienen maan puolustusbudjettiin liittyvät haasteet<sup>242</sup>. Eräänä haasteena on pidetty suurten tietomäärien käsittelykykyä etenkin, kun osa tiedoista voi olla harhaanjohtavaa tai ristiriitaista<sup>243</sup>. Myös Irakin sodan (2003) verkostokeskeisissä operaatioissa virheellisten tiedustelutietojen suuri määrä osoitti huipputeknologian ongelmat luotettavan informaation muodostamisessa, mikä vaikeutti tai esti joukkojen koottuja iskuja haluttuihin kohteisiin.<sup>244</sup>

Suhtautuminen verkostopuolustukseen vaikuttaa riippuvan myös siitä, millaisten joukkojen, järjestelmien tai toimintaympäristön näkökulmasta sitä tarkastellaan. Esimerkiksi verkostoavusteinen parveilutaktiikka nähdään toisille puolustushaaroille sopivampana kuin toisille, koska ylivoimainen tilannekuva ei ole itsestäänselvyys<sup>245</sup>. Kun esimerkiksi ilmapuolustus moderneine järjestelmineen vaikuttaa omaksuneen jopa alkuperäisiä verkostokeskeisen sodankäynnin periaatteita, vaikuttaa maajoukkojen ja erityisesti ruohonjuuritason näkökulmasta nousuvan varautuneempaa suhtautumista. Tätä sivuavat kehitystyöhön liittyvät ”top-down” -ajattelun haasteet. Modernien innovaatioiden luominen organisaatioiden huipulla nähdään vaikeana, kun kehitystä ohjaa suuressa määrin ruohonjuuritason toiminta ja yleinen mielipide.<sup>246</sup>

### 3.6 Verkostopuolustuksen yhteenvetoa

Tarkasteltujen lähteiden valossa verkostopuolustus on merkinnyt suomalaista vastausta kehityssuuntaan, joka vallitsi eri maiden asevoimissa kylmän sodan päättymisen jälkeen. Nykyhetkestä tarkasteltuna verkostopuolustus näyttäytyy työnimenä, johon liittyi laaja-alaisesti sekä alueellisen puolustuksen, kokonaismaanpuolustuksen että kansainvälisen yhteistyön ulottuvuuksia. Kehityksen mahdollistajana nähtiin tietoverkot, erilaiset verkostot sekä kehittyneet viesti- ja asejärjestelmät.<sup>247</sup> Verkostopuolustus voi käsitteenä synnyttää mielikuvan teknisestä, jopa kokonaan tietoverkoissa käytävästä sodankäynnin lajista. Erityisesti visioiden valossa se vaikuttaa merkinneen koko puolustusjärjestelmää sivuavaa toimintatapaa ja yhteistoiminnan kulttuuria, mihin on lukeutunut osittain myös verkottuminen ympäröivään yhteiskuntaan.

Suomalaisista ominaispiirteistään huolimatta verkostopuolustukseen on liittynyt erityisesti Yhdysvalloissa kehitetyn verkostokeskeisen sodankäynnin periaatteita. Kenties keskeisimpänä on

<sup>242</sup> Mero & Raunu (2009), s. 17.

<sup>243</sup> Lehmuslehti et al. (2009), s. 178.

<sup>244</sup> Mäkitalo, Janne; Allan Parv & Aron Kalmus: Verkostoavusteinen puolustus sotataidon historiassa, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009, s. 48.

<sup>245</sup> Sama, s. 39.

<sup>246</sup> Mero & Raunu (2009), s. 22.

<sup>247</sup> Kaskeala (2005a).

välittynyt sensori-, vaikuttamis- ja päätöksentekoelementtien välisen verkottumisen periaate.<sup>248</sup> Kyseistä periaatetta on sovellettu muun muassa verkostopuolustukselle keskeisessä kaikkien puolustushaarojen tiedustelua, valvontaa ja johtamista integroineessa ITVJ-järjestelmässä<sup>249</sup>. Eri visioista välittyy usko paitsi verkottumisen kehittämään tilannetietoisuuteen, myös sen lisäämään taisteluvoimaan. Verkottumisen voimaa perustellaan verkostokeskeisen sodankäynnin periaattein esimerkiksi hajautettujen suorituskykyjen virtuaalisella johtamisella, niiden tehostuneella yhteisvaikutuksella ja keskinäisellä synergialla, verkottumisen tarjoamalla taistelunkestävyydellä sekä tehostuneen päätöksenteon taistelutempoa kiihdyttävällä vaikutuksella.

Lähdeaineiston perusteella tietoon ja informaatioon liittyvät teemat ovat olleet sekä verkostopuolustuksessa että sen sukulaiskonsepteissa keskeisiä<sup>250</sup>. Lähteiden valossa tämä on perustunut kykyyn kerätä, käsitellä ja jakaa tietoa yhä tehokkaammin – merkiten jopa niin sanottua tietoylivoimaa, joka hälventää sodan sumua, poistaa kitkaa ja tehostaa komentajan tahdon ja lostumista tarkoituksenmukaisella tavalla. Verkottumisen tarjoama hyöty on erityisen suuri, mikäli datan tai informaation lisäksi myös niin sanottua tietämystä jaetaan. Lievää kyseenalaistamista on kuitenkin kohdistunut ihmisen kykyyn hallita suurta informaatiotulvaa.

Päätöksenteon ja organisoitumisen näkökulmasta parantuneen tilannetietoisuuden on ajateltu mahdollistavan tehtävätaktiikkaa ja yhä alempien organisaatiotasojen itseohjautuvuutta – parhaimmillaan niin sanotun itsesyntetisyyden muodossa<sup>251</sup>. Lähdeaineiston valossa ajattelutavan sovellettavuus vaikuttaa kuitenkin riippuneen puolustushaarasta tai joukosta ja niiden järjestelmien edistyneisyydestä. Koska verkottuneessa organisaatiossa tieto ei kulje ainoastaan hierarkisia tai puumaisia rakenteita noudattaen, voi verkottumisen tulkita vaikuttavan organisoitumiseen tavalla tai toisella – myös mahdollisena mikrojohtamisena.

Verkostopuolustus ei esiinny virallisena käsitteenä tämän päivän Puolustusvoimissa. Rantapelkonen (2014) mukaan termistä luopuminen ei kuitenkaan poista sitä, että verkostopuolustuksen esiin nostamat asiat ovat yhä tärkeitä, jopa tärkeämpiä kuin kymmenen vuotta aikaisemmin. Puolustusvoimien johtamisjärjestelmät integroituvat ja verkostoituvat edelleen - niin suomalaisiin kuin maailmanlaajuisiinkin tietoverkkoihin.<sup>252</sup>

<sup>248</sup> Ks. Alberts et al. (2000), s. 115–116.

<sup>249</sup> Kenttäohjesääntö 2008, Yleinen osa, s. 38.

<sup>250</sup> Esim. Alberts et al. (2000), s. 91; Hyytiäinen (2018), s. 205; Kuusisto & Kuusisto (2006).

<sup>251</sup> Esim. Alberts et al. (2000), s. 91; Hyytiäinen (2018), s. 198.

<sup>252</sup> Rantapelkonen, Jari: Esipuhe, teoksessa Lehto, Martti: *Ilmavoimien johtamisjärjestelmän tulevaisuuskuva*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Juvenes Print, Tampere 2014, s. ”i”.

## 4 VERKOSTOPUOLUSTUS MODERNISSA ILMATORJUNNASSA

Luvussa vastataan alakysymykseen: *Miten verkostopuolustuksen visiot ilmenevät 2020-luvun ilmatorjunnassa?* Edellisessä luvussa käsiteltiin verkottumisen teemoja vuosituhaten vaihteissa luotujen visioiden valossa. Tässä luvussa tarkastellaan niiden ajankohtaisuutta modernin ilmatorjunnan näkökulmasta. Luku on luonteeltaan edellä käsiteltyä teoriaa soveltava ja toimii osaltaan verkostopuolustuksen johtopäätöslukuna. Luvun eräänä tarkoituksena on muodostaa samalla tiivistetty yleiskuva moderniin ilmatorjuntaan liittyvistä aihealueista.

### 4.1 Esimerkkejä verkostopuolustuksen teemojen ajankohtaisuudesta

Eräs syy, miksi verkostopuolustuksen teemoja on kiinnostavaa tarkastella juuri ilmatorjunnassa, liittyy siihen, että aselajissa *verkottumisen* käsite nousee erityisesti suullisina mainintoina usein esiin. Esimerkiksi ilmatorjunnan tarkastajana toiminut eversti Ari Grönroos on käsitellyt verkottumista laajasti Sotilasaikakauslehdessä vuonna 2016<sup>253</sup>. Verkostopuolustus sukulaiskonsepteineen on merkinnyt muutakin kuin yksinomaan verkottumista, mutta kyseinen tema on ilmatorjunnassa kenties toistuvinkin osoitus aihealueen ajankohtaisuudesta.

Myös verkostopuolustuksen taustalla vaikuttaneet ulkomaiset konseptit vaikuttavat olevan aselajissa yhä ajankohtaisia. Esimerkiksi ohjusjärjestelmiä kehittävä eurooppalainen yritys MBDA<sup>254</sup> esitteli vuonna 2017 Pariisissa ilmailunäytöksessä uuden ilmatorjunnan taistelunjohtojärjestelmän nimellä ”*Network-Centric Engagement Solutions*” (NCES)<sup>255</sup>. Vaikka kyse on vain otsikkotasoisesta esimerkistä, on verkostokeskeisyyden nostaminen järjestelmän nimeen eräänlainen osoitus siitä, etteivät verkostopuolustuksen taustalla olevat teoriat ole menettäneet täysin ajankohtaisuuttaan. Kuten jo aikaisemmat lähteet ovat osoittaneet<sup>256</sup>, verkostopuolustus ja sen kansainväliset vastineet ovat soveltuneet erityisesti toimintaan, johon liittyy moderneja järjestelmiä ja tietoverkkoja. Sama pätee myös moderniin ilmatorjuntaan.

Signaaleja aihealueen ajankohtaisuudesta on myös yksittäisiä aselajeja tai puolustushaaroja laajemmin. Esimerkiksi Puolustusvoimien tutkimusagendaan 2015 on valittu kuusi erilaista ilmiötä, joilla on arvioitu olevan keskeinen merkitys Puolustusvoimille 15 vuoden aikajänteellä.

<sup>253</sup> Grönroos, Ari & Timo Herranen: Monitoimihävittäjä ja ilmatorjunta – Verkottunutta torjuntavoimaa, *Sotilasaikakauslehti*. Nro 6–7, 2016, s. 9.

<sup>254</sup> Lyhenne perustuu yritysfuusioon. MBDA = Matra Bae Dynamics & Alenia Marconi Systems.

<sup>255</sup> Ebbutt, Giles: MBDA unveils new GBADS C2 system (pdf-versio), *Jane's Missiles & Rockets*. Lontoo 28.6.2017.

<sup>256</sup> Lehto (2006); Mäkitalo, Parv & Kalmus (2009), s. 39.

Yhdeksi näistä ilmiöistä on nostettu *verkostoituminen*, johon liittyen käsitellään varsin samankaltaisia teemoja kuin verkostopuolustuksessa. Osa muistakin tutkimusagendan valitsemista ilmiöistä sivuaa sekä verkostopuolustusta että digitalisaatiota.<sup>257</sup> Verkottuneen puolustuksen erilaisten vastineiden kehittämisestä esiintyy edelleen ajankohtaisia esimerkkejä. Nämä eivät rajoitu ainoastaan teknologisuudestaan tunnettuihin länsimaisiin asevoimiin, vaan myös ajantasaiseen sotakokemukseen ja pragmaattisuuteen nojaavan Venäjän asevoimien kehitysnäkymissä yhtenä teemana on pyrkimys verkostokeskeiseen sodankäyntitapaan<sup>258</sup>.

## 4.2 Verkostopuolustuksen osa-alueita modernissa ilmatorjunnassa

Sensoreiden, aseiden ja päätöksenteon hajauttaminen erillisiksi solmuikseen verkottumista hyödyntäen on ilmatorjuntajärjestelmissä tyypillinen käytäntö<sup>259</sup>. Käytännössä sensorit merkitsevät tutkajärjestelmiä tai vaikkapa optisia sensoreita, aseet ohjuslavetteja tai tykkeitä ja päätöksentekoelementit taistelunjohtokeskuksia (Fire Distribution Center). Usein verkon ainoa jatkuva miehittämistä edellyttävä elementti on päätöksentekoelementti eli taistelunjohtokeskus<sup>260</sup>. Taistelunjohtokeskuksen operaattoreiden näkökulmasta tämä sivuaa verkostopuolustuksen yhteydessä käsiteltyä virtuaalijohtamista<sup>261</sup>. Hyvin yksinkertainen esimerkki hajauttamisen hyödyistä ilmenee tilanteessa, jossa aselavetti tai tutka havaitaan. Esimerkiksi tutkasäteilyyn haakeutuva ohjus voi tuhota tutkan, mutta henkilöstöä sisältävä taistelunjohtokeskus voi välttyä tuhoutumiselta. Suojaaminen on tärkeää toki myös aselavetille tai tutkalle, mutta nämä eivät edellytä henkilöstön jatkuvaa läsnäoloa järjestelmien välittömässä läheisyydessä.

Ilmatorjunnassa verkottuminen ulottuu myös aselajin ulkopuolelle, mistä tyypillisin esimerkki on liittyminen ilmapuolustuksen yhteiseen verkkoon<sup>262</sup>. Verkottuneessa ympäristössä ilmatorjunnan ja ilmavoimien suorituskykyjä pyritään käyttämään saumattomasti yhdessä. Kaikkien

<sup>257</sup> Puolustusvoimat: *Puolustusvoimien tutkimusagenda 2015*, s. 4. [[https://puolustusvoimat.fi//documents/1951253/2670014/TUTKIMUS\\_Tutkimusagenda\\_2015\\_281015\\_painoversio\\_pieni.pdf](https://puolustusvoimat.fi//documents/1951253/2670014/TUTKIMUS_Tutkimusagenda_2015_281015_painoversio_pieni.pdf)], luettu 30.8.2018. Muista osa-alueista esimerkkejä ovat esimerkiksi ihminen osana järjestelmiä ja joukkoja, informaatio-operaatiot tai autonomisia piirteitä omaavat järjestelmät.

<sup>258</sup> Anttila, Matti; Juha Hollanti, Mika Metsi, Oskari Paavola, Jani Ruisniemi & Asko Toivanen: Venäjän maavoimien yleiset kehitysnäkyvät, *Venäjän asevoimat muutoksessa – Kohti 2030-lukua*. Kesseli, Pasi (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Julkaisusarja 1: Tutkimuksia nro 5, Maanpuolustuskorkeakoulu 2016, s. 144.

<sup>259</sup> Esim. Hughes, Robin: NASAMS: beyond an air-defence system (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 24.5.2018, s. 4; Tanu, Gelu: The Use of Patriot Surface-To-Air Missile Systems During the Modern Military Conflicts, *International Scientific Conference*. Strategies XXI, Carol I, National Defence University, 2018, s. 237; Widlund, Oscar: The SAM factory: Russian air-defence capabilities (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. Lontoo 24.10.2018, s. 8.

<sup>260</sup> Esim. Hawkes, Jon: Patriot games: Raytheon's air-defence system continues to proliferate (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 16.11.2018, s. 2.

<sup>261</sup> Esim. Lehto (2006), s. 226–227.

<sup>262</sup> Esim. Hawkes (2018), s. 7.



puolustushaarojen ilmatilannekuva on yhteinen. Eri puolustushaarojen ilmapuolustuksen yhteisenä intressinä on hyödyntää myös toistensa järjestelmiin liittyviä vahvuuksia.<sup>263</sup> Tulevaisuudessa esimerkiksi yhdysvaltalaisessa IAMD<sup>264</sup>-järjestelmässä kaikki ilmapuolustuksen sensorit ja aselavetit niin maalla, merellä kuin ilmassakin on yhdistetty integroituun verkkoon, jossa minkä tahansa järjestelmän yksittäistä aselavettia tai sensoria voidaan hyväksikäyttää esimerkiksi ballistista ohjusta torjuttaessa. Verkkoon voidaan yhdistää myös liittolaisten ja kumppanien suorituskykyjä.<sup>265</sup> Esimerkit viestivät siitä, ettei verkottumista tulla rajoittamaan ainoastaan yksittäisen järjestelmän tai joukon omiin suorituskykyihin. Myös järjestelmävalmistajien intressinä on taata järjestelmiensä yhteensopivuus mahdollisten nousevien teknologioiden tai ilmatorjunnan ulkopuolisten järjestelmien kanssa<sup>266</sup>.

Verkottuminen tarjoaa paitsi tilannekuvan kattavuutta, myös synergiaa ja taistelunkestävyyttä. Verkottuminen voi tarjota operaatioihin laajentuneen valikoiman käyttökelpoisia suorituskykyjä<sup>267</sup>. Niiden yhteiskäyttöisyys kasvattaa vaikuttavuutta, mutta voi samalla mahdollistaa toiminnan jatkamisen yksittäisten solmujen häiriöistä tai lamaantumisesta huolimatta<sup>268</sup>. Verkottumisen parantamalla taistelunkestävyydellä ei viitata ainoastaan tavanomaiseen passiivisen suojautumisen periaatteeseen, jossa hajauttamisella vaikeutetaan toiminnan havaitsemista, maalipisteiden määrittämistä ja kohteiden kestävyttä asevaikutusta vastaan<sup>269</sup>. Kyse on edusta, jonka suorituskykyjen yhteiskäyttöisyys voi ainakin ihannelanteessa tarjota, kun tuliyksiköiden suorituskykyjä on mahdollista operoida useista eri taistelunjohtokeskuksista.

Taistelunjohtokeskusten lisäksi ilmatorjuntajärjestelmiin kuuluu erilaisia taktisia johtamispaikkoja tai esikuntia<sup>270</sup>, joskin kyse on osa-alueista, joiden merkitys ei julkisista lähteistä välity yhtä vahvana kuin aselajin ilmapuolustustehtävistä. Niiden voi tulkita toimivan usein samassa järjestelmäverkossa kuin sensoreiden, aselavettien ja taistelunjohtokeskusten muodostamat tuliyksiköt. Kyseisissä johtamiselimissä eri toimialoihin erikoistuneet upseerit suorittavat operaatioiden suunnittelua, johtamista ja monitorointia.<sup>271</sup> Ainakin yksittäisissä lähteissä käsitellään

<sup>263</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 11–14.

<sup>264</sup> Lyhenne sanoista: Integrated Air and Missile Defence.

<sup>265</sup> Dorner, Kenneth R.; William B. Hartman & Jason M. Teague: Back to the Future. Integrated Air and Missile Defense in the Pacific, *Air & Space Power Journal*. January-February 2015, s. 70.

<sup>266</sup> Hughes (2018), s. 8.

<sup>267</sup> Rădulescu, Marius & Vasile Şandru: A Quick Look Over the Romanian Ground Based Air Defence, *Scientific Research and Education in the Air Force – AFASES 2016*. Romania 2016, s. 49; s. 52; Von Wyl, Anita (ed.): From balloons to drones – the rapidly evolving threats from the air, *Crypto Magazine, Secure communication for integrated surface-to-air defence*. No. 1, 2016a, s. 5.

<sup>268</sup> Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>269</sup> Esim. Pääesikunta: *Sotilaan käsikirja 2019*. Juvenes Print Oy, 2018, s. 144.

<sup>270</sup> Barreira (2018), s. 2; Tanu (2018), s. 237.

<sup>271</sup> Barreira (2018), s. 2

myös ilmatorjunnan kykyä liittyä maavoimien tietojärjestelmiin<sup>272</sup>. Verkottumiseen liittyvien ilmiöiden ilmenemistä ilmatorjunnassa analysoidaan tarkemmin luvussa 5.

Myös kansainvälinen verkottuminen sivuaa ilmatorjuntaa. 2020-luvun ilmatorjunnassa yhteentoimivuus nousee korostuneesti esiin, ja ulottuu myös valtioiden väliseen verkottumiseen<sup>273</sup>. Kumppanuus ja verkostoituminen lisäävät sotilastoimijoiden riippuvuutta muista toimijoista. Jo yksinomaan ase- ja johtamisjärjestelmien osalta on mielenkiintoinen kysymys, perustuuko toiminta joiltain osin yhteiskäyttöisiin suorituskykyihin. Vaikka viime kädessä vain omilla käsissä oleva suorituskyky täyttää uskottavuuden vaatimuksen, Suomessakin on varmistettu länsimainen yhteensopivuus, joka pitää sisällään yhteistoimintakyvyn niin puolustusmateriaalin kuin käytettävien menetelmien osalta<sup>274</sup>.

Digitaalisessa ja verkostoituneessa yhteiskunnassa vaikuttaa eri toimintojen sidoksellisuus, jolloin kaikkien relevanttien turvallisuustoimijoiden tunnistaminen on tärkeää<sup>275</sup>. Rajapintoja siviilitoimijoihin, erityisesti turvallisuusviranomaisiin, ei voi ilmatorjunnassakaan jättää huomiotta. Myös edistyneet järjestelmät ja niiden standardit edellyttävät yhteistyötä esim. järjestelmätoimittajien ja kumppanimaiden kanssa. Logistiikka perustuu kumppanuuteen siviilitoimijoiden kanssa moniltakin osin, esimerkiksi ruokahuollon suhteen. 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevistä lähteistä tällaiset tekijät eivät nouse korostuneina esiin, mutta selvää on, että niiden vaikutus ja osittain koordinoitakin ulottuvat aselajissa myös taktiselle tasolle.

Informaatioteknologian nopea kehitys on synnyttänyt uusia verkostoitumisen liiketoimintoja yhteiskunnassa. Tämä on muuttanut myös ihmisten tapoja toimia. Verkostoitumisen ytimessä vaikuttaa sen mahdollistama täysin uudenlainen toimintatapa ja suorituskykyjen rakentamisen logiikka.<sup>276</sup> Arjen ratkaisujen kaltaisilla verkostoitumisen tavoilla on myös yhtymäkohtansa verkostopuolustukseen. Osoituksia niiden soveltamisesta suoraan ilmatorjuntaan esiintyy niukasti, mutta kytkentä ilmapuolustukseen on kuitenkin ollut jo kehitteillä liikkuvan tukikohdan joukoissa<sup>277</sup>. Verkostopuolustus on kytkeytynyt myös yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamiseen ja suojaamiseen<sup>278</sup>. Ilmatorjunnalle tyypillinen toimintaympäristö on läheisessä

<sup>272</sup> Esim. Hawkes (2018), s. 3; Barreira, Victor: Portugal finalises advanced air-defence C2 system (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Istanbul 6.6.2018, s. 1.

<sup>273</sup> Fiorenza, Nicholas: Germany, the Netherlands integrate GBAD (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. London 10.4.2018; Gotlowska, Justyna: Rebuilding Germany's air defence capabilities: on the eve of crucial decisions, *OSW Commentary*. Nro 268, Centre for Eastern Studies, 2018, s. 6.

<sup>274</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 11.

<sup>275</sup> Turvallisuuskomitea: *Yhteiskunnan turvallisuusstrategia*. Valtioneuvoston periaatepäätös, 2.11.2017, s. 10.

<sup>276</sup> Puolustusvoimien tutkimusagenda (2015), s. 10.

<sup>277</sup> Puolustusvoimien tutkimusohjelma 2017: *Verkostoituminen arjen ratkaisulla, Tutkimussuunnitelma*. Liite 1: Käyttötapaukset, s. 18.

<sup>278</sup> Raitasalo (2008), s. 161.

yhteydessä siviiliyhteiskunnan toimintoihin ja infrastruktuuriin, jolloin myös kehitteillä olevat arjen ratkaisujen paikallispuolustuksen sovellukset<sup>279</sup> sivuavat teemaa.

### 4.3 Verkottuneen ilmatorjunnan teemojen yleistettävyys

Edellä käsiteltyjen havaintojen valossa voidaan tulkita, että moderni ilmatorjunta edustaa ainakin rajatusti verkostopuolustuksen nykyaikaisia ilmenemismuotoja. Modernissa ilmatorjunnassa sivutaan verkostopuolustuksen visioihin kytkeytyviä ulottuvuuksia useilla eri tasoilla, joskin yksittäisen aselajin näkökulmasta havainnollisimmin yhteys ilmenee taktisella ja operatiivisella, jopa taisteluteknisellä tasolla. Erityisen korostuneesti ilmatorjunnasta välittyy verkostokeskeinen sensori-, ase- ja päätöksentekoelementtien verkottuminen.

Vaikka modernia ilmatorjuntaa käsittelevän aineiston avulla on haastavaa analysoida verkostopuolustuksen ylimpien tasojen, kuten kokonaismaanpuolustuksen, viranomaisyhteistyön tai puolustuspoliittisen verkottumisen ulottuvuuksia, voi tutkimus tarjota lisäarvoa myös niiden näkökulmista tarkasteltuna. Väitettä voi perustella verkottumiseen liittyvien ilmiöiden skaalautuvuudella<sup>280</sup>. Ainakin teoreettisesti tarkasteltuna verkottumiseen kytkeytyvät ilmiöt, kuten jaettu tilannekuva, suorituskykyjen yhteiskäyttö, synergia tai taistelunkestävyys (ylätasoilla pikemminkin kriisinsietokyky) voivat pohjautua osin yleistettävään peruslogiikkaan tarkastelutalasta riippumatta. Ensisijaisesti tutkimus valottanee kuitenkin verkostopuolustuksen digitalisaation kehitysnäkymiä lähinnä taktiikan ja operaatiotaidon näkökulmasta.

Nyt käsiteltyyn, *verkostopuolustuksen visioiden ilmenemistä 2020-luvun ilmatorjunnassa selvittäneeseen*, alakysymykseen vastaavat osaltaan myös seuraavan luvun trendianalyysin yksityiskohtaiset havainnot. Trendianalyysissä verkostopuolustusta sivuavat teemat eivät ole ainoa tarkasteltava osa-alue, mutta suoritetun analyysin yksityiskohtaisuus merkitsee miltei väistämättä sitä, että tässä luvussa sivuttuihin teemoihin syvennyttään tarkemmin seuraavassa luvussa – erityisesti luvussa 5.2.3. Trendianalyysissä verkostopuolustusta ja modernia ilmatorjuntaa tarkastellaan ennen kaikkea digitalisaatiota sivuavien teemojen valossa, mikä osaltaan tarjonnee näkökulmia myös tulevaisuuden verkostopuolustuksen kehitysnäkymien tarkasteluun.

<sup>279</sup> Koivula, Niko: *Paikallispuolustuksen johtamisratkaisun kehittäminen ja toiminta verkostoissa*. Yleisesikuntaupseerin 58 diplomityö, Maanpuolustuskorkeakoulu 2017, s. 74.

<sup>280</sup> Kärkkäinen (2011), s. 14–15.

## 5 TRENDIANALYYSI – VERKOSTOPUOLUSTUKSEN VISIOISTA DIGITALISAATIOON JA MODERNIIN ILMATORJUNTAAN

Tämä luku perustuu erikseen valittuun aineistoon, jota analysoimalla ja tulkitsemalla suoritettiin trendianalyysiä vuosituhaten vaihteen visioiden, viimeaikaisten digitalisaatiokäsitysten ja 2020-luvun ilmatorjunnan näkökulmista. Luku vastaa alakysymyksiin 4a–d, jotka käsitellään alaluvuittain. Kukin kysymyksistä on kirjattu myös alalukujen 5.2–5.5 alkuun.

### 5.1 Trendianalyysin aineisto

Trendianalyysissä erityistarkastelun kohteena oli 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevä aineisto, jota analysoitiin digitalisaatioon ja verkostopuolustukseen liittyvän taustakirjallisuuden valossa. Aineistoon valittiin 25 artikkelista koostuva ydinaineisto. Valitut 25 artikkelia käsittelevät ajankohtaisia näkymiä modernista ilmatorjunnasta lähitulevaisuudessa, 2020-luvulle siirryttäessä. Tärkeimpänä perusteena artikkeleiden valintaan oli niiden tuoreus. Eniten aineistossa on artikkeleita vuodelta 2018. Artikkeleista vanhimmat ovat vuodelta 2015.

Aineisto kerättiin julkisista lähteistä, pääosin sotilasalan artikkeleita kokoavista Jane's<sup>281</sup> ja Ebsco Military & Government Collection<sup>282</sup> -tietokannoista. Ilmatorjunta-aiheisille artikkeleille tunnusomaista oli se, että ne sivusivat digitalisaation teemoja mainitsematta kuitenkaan digitalisaatiota tai siihen liittyviä käsitteitä nimeltä. Esimerkiksi käsitettä *digitalisaatio* sisältäviä ilmatorjuntaa käsitteleviä artikkeleita oli vaikea löytää millään käsitteen englanninkielisellä vastineella, kun taas englanninkielinen termi ”*digital*” esiintyi niin monissa lähteissä, ettei se mahdollistanut järkevää rajaamista. Myös käsitteitä, kuten *tekoäly*, *IoT* tai *Big Data* esiintyi ilmatorjuntaa käsittelevissä artikkeleissa niukasti. Siksi aineiston keruu perustui osittain tuoreimpien ilmatorjuntaa käsittelevien artikkeleiden systemaattiseen selailuun ja mahdollisten digitalisaatiota sivuavien yleisien teemojen tunnistamiseen.

Ennen aineiston lopullista valitsemista mahdollisesti käyttökelpoisia artikkeleja oli noin 70 kappaletta. Niistä valikoitiin lopullinen ydinaineisto. Esimerkiksi kapea-alaisesti tiettyihin osajärjestelmiin rajautuvia artikkeleita poistettiin tietoisesti aineistosta. Aineistosta karsittiin myös

<sup>281</sup> Brittiläinen kustantamo, joka on erikoistunut sotilas-, ilmaliikenne- ja kuljetusalaan. Tietokantaan on rajoitettu pääsy. Ks. [[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Jane's\\_Information\\_Group](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Jane's_Information_Group)], luettu 15.3.2019.

<sup>282</sup> Yhdysvaltalaisen monia tieteenaloja kattavan tietopalvelun kokoelma sotilasjäsenille, analytikoille, poliitikoille, opiskelijoille ja tutkijoille. Tietokantaan on rajoitettu pääsy. Ks. [<https://www.ebsco.com/products/research-databases/military-government-collection>], luettu 15.3.2019.

niitä artikkeleja, jotka eivät selkeästi käsitelleet tulevaisuuden ilmatorjuntaa. Artikkeleiden yhteys 2020-lukuun tulkittiin joko suorista maininnoista tai julkisista lähteistä, jotka osoittivat joidenkin nykyisten järjestelmien olevan aktiivisessa käytössä 2020-luvulla. Yksittäisissä artikkeleissa tulevaisuudesta puhutaan yleisellä tasolla. Esimerkiksi kyseisissä tapauksissa käsittely voi ulottua osin myös 2020-luvun jälkeisille vuosikymmenille. Tätä ei tulkittu aineiston kannalta poissulkeväksi tekijäksi, mutta seikka huomioitiin analyysivaiheessa. Aineistoa kerätessä havaittiin lähteitä, jotka käsittelevät sodankäynnin digitalisaatiota, mutta eivät ilmatorjuntaa. Niiden tulkittiin sisältävän myös aselajeista riippumattomia, tai muuten tutkimusta tukevia seikkoja. Kyseisiä lähteitä ei sisällytetty varsinaiseen aineistoon, mutta niiden arvioitiin osoittavan mahdollisia signaaleja nousevista trendeistä. Niitä käsittelee trendianalyysin kolmas alakysymys, johon vastataan alaluvussa 5.4.

Koska kaikki käytetty lähdeaineisto perustuu kirjoitettuihin lähteisiin, varsinaiseen aineistoon valituista 25 artikkelista käytetään jatkossa nimitystä *ydinaineisto*. Käsitteellä on tarkoitus helpottaa kyseisten artikkeleiden erottamista taustakirjallisuudesta tai muista analyysityötä tukevista lähteistä. Digitalisaatiota ja verkostopuolustusta käsittelevän taustakirjallisuuden tärkeimmät lähteet on kuvattu liitteessä 1. Analysoitu ydinaineisto on kuvattu liitteessä 2.

## 5.2 Jatkuvuutta osoittavat trendit

Alaluku vastaa kysymykseen: Mitkä teemat esiintyvät sekä verkostopuolustuksen visioissa, viimeaikaisissa digitalisaatiokäsityksissä että 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä aineistossa? Tämän tutkimuksen perusteella kyseiset teemat viittaavat pysyviin ja jatkuviin kehityslinjoihin tai jopa megatrendeihin. Vaikka kyseisiin teemoihin on tulkittu liittyvän pysyvyyttä, ei ole kuitenkaan poissuljettua, että niihin voisi liittyä myös nousujohteisuutta.

### 5.2.1 Tiedon hyödyntäminen

*Tiedon yhä tehokkaampi hyödyntäminen* välittyy keskeisenä teemana sekä verkostopuolustuksesta, digitalisaatiosta että modernista ilmatorjunnasta. Tyypillisesti tietoon viitataan myös informaation ja datan käsitteillä. Näistä *informaatio* vaikuttaa korostuvan eniten verkostopuolustusta käsittelevissä lähteissä. *Data* on sen sijaan esillä erityisesti tuoreissa digitalisaatiota käsittelevissä lähteissä. Sama pätee modernia ilmatorjuntaa käsittelevään ydinaineistoon, joskaan ei yhtä korostuneesti kuin digitalisaatiossa. Myös monien myöhemmin käsiteltävien teemojen yhteys tietoon, informaatioon ja dataan on läheinen.

Ydinaineistossa tiedon hyödyntämisen keskiössä on *tilannekuva*. Avainasemassa on erilaisten järjestelmien kokoama tieto, joka perustuu sensorien seuraamaan ilmatilanteeseen ja siitä muodostettavaan *ilmatilannekuvaan*. Teknisenä ratkaisuna kyseisen datan tehokkaasta hyödyntämisestä mainitaan muun muassa fuusiointi, jolla kuvataan ilmatilannekuvan laadun parantamista eri järjestelmien dataa yhdistelemällä<sup>283</sup>. Teknologian keskeistä merkitystä sekä datan keräämistä ja jakamista käsitellään tarkemmin luvuissa 5.2.2 ja 5.2.3.

Datasta kootun informaation välittyminen operaattoreille pyritään takaamaan yhä jalostetummassa ja päätöksentekoa tehokkaammin tukevassa muodossa<sup>284</sup>. Operaattoreiden käytössä olevan tiedon määrä kasvaa jatkuvasti. Siksi kehitetään tapoja tiedon tulkitsemisen ja paremman tilannetietoisuuden kehittämiseksi. Tulevaisuudessa operaattoreiden on yhä helpompi ymmärtää näkemäänsä ja suunnata tätä tarkoituksenmukaiseksi toiminnaksi. Myös päätöksentekoa tukevia työkaluja halutaan lisätä ohjelmistoihin.<sup>285</sup> Operaatioympäristö voidaan kuvata esimerkiksi älykkäänä kolmiulotteisena näkymänä, jota operaattori voi räätälöidä nopeasti. Informaatiota pyritään välittämään uudenlaisin tavoin, mutta siten, ettei tietomäärä ylittäisi operaattorin käsittelykykyä.<sup>286</sup> Järjestelmät tarjoavat ratkaisuja myös niissä tilanteissa, kun operaattorin on vaikea erottaa niitä omatoimisesti saamansa informaation joukosta<sup>287</sup>.

Ydinaineistossa toistuu myös käsite *Human Machine Interface (HMI)*, jolla viitataan ihmisen ja koneen välisen rajapinnan kehittämiseen. Sen todetaan perustuvan samoihin periaatteisiin kuin älylaitteiden kehittämisessä.<sup>288</sup> Eräässä artikkelissa käytetään myös käsitettä *Warfighter Machine Interface (WMI)*. WMI perustuu vastaavan kaltaiseen intuitiivisuuteen kuin videopelissä. Siviilimaailman esimerkein todetaan, kuinka lapsikin voi oppia uuden videopelin nopeasti, ilman käyttöohjeita. Saman todetaan pätevän myös nuoriin sotilaisiin. Heille vanhojen taistelunjohtojärjestelmien oppiminen on vaikeaa, vaatien runsaasti muistamista ja aivokapasiteettia. Kehitteillä olevissa järjestelmissä panostetaan siihen, että informaatio voidaan sisäistää nopeasti ja intuitiivisesti – jopa yhdellä silmäyksellä.<sup>289</sup>

<sup>283</sup> Esim. Scott, Richard: Kongsberg debuts new ADC console (pdf-versio), *Jane's Missiles & Rockets*, Lontoo 28.11.2015, s. 2.

<sup>284</sup> Hughes (2018), s. 5.

<sup>285</sup> Scott (2015), s. 2. Päätöksenteon tuki tarkoittaa esimerkiksi järjestelmän analysoimia suosituksia ja ohjeita. Kehittäminen ei perustu ainoastaan teknologia-asiantuntijoiden panokseen. Mukana kehitystyössä on myös operaattoreita ja inhimilliseen näkökulmaan erikoistuneita asiantuntijoita.

<sup>286</sup> Hawkes (2018), s. 6–7.

<sup>287</sup> Sama, s. 2.

<sup>288</sup> Esim. Hughes (2018), s. 5.

<sup>289</sup> Hawkes (2018), s. 6.

Koska yksittäisiin operaattoreihin kulminoituvan ilmatilanteen merkitys korostuu, on ydinaineiston perusteella vaikea muodostaa johtopäätöksiä muiden taktisten osa-alueiden kehitysnäkymistä. Aineisto sisältää yksittäisiä esimerkkejä taktisista johtamispaikoista tai esikunnista, jotka on eriytetty varsinaisista taistelunjohtokeskuksista<sup>290</sup>. Tämänkaltaisissa johtamiselimissä omat tilannekuvajärjestelmänsä on varattu myös komentajalle ja eri toimialoille, kuten huolto-, logistiikka- ja tiedustelu-upseereille sekä operaatioupseereille. Kyseisiä järjestelmiä todetaan käytettävän operaatioiden suunnitteluun, johtamiseen ja monitorointiin.<sup>291</sup> Tarkemmin ei kuitenkaan yksilöidä sitä, millaisia taktisia osa-alueita järjestelmät erityisesti tukevat.

*Maatilannekuvaa ydinaineistossa käsitellään niukasti.* Yksittäisiä mainintoja esiintyy integroidusta ilma- ja maatilannekuvasta<sup>292</sup>, kyvystä liittyä maavoimien tietojärjestelmiin<sup>293</sup> tai sellaisista optisista sensorijärjestelmistä, jotka soveltuvat myös maauhkien havaitsemiseen<sup>294</sup>. Ainakin tulevaisuuden visiona nähdään verkottumisen mahdollistama tilanne, jossa myös maatilanteeseen perustuva taktinen data on integroitu ilmatilannekuvaan ja muuhun käytössä olevaan dataan<sup>295</sup>. Edellä käsitellyt tekijät, kuten taistelunjohtojärjestelmien kehittäminen yhä informatiivisempaan ja intuitiivisempaan suuntaan ovat jossain määrin yleispäteviä, maasodankäynnissäkin mahdollisia trendejä. Niiden yleispätevyyteen on suhtauduttava kuitenkin maltillisesti. Kyse voi olla myös ilmatorjunnan erityispiirteestä, jossa ilmauhan kehitysnäkymät edellyttävät tulevaisuuden operaattoreilta muun muassa nopeaa päätöksentekoa ja lyhyitä reaktioaikoja.

*Ydinaineisto ei käsittele tiedon laajamittaista hyödyntämistä esimerkiksi analyysi- ja suunnittelutyössä.* Ydinaineistossa rajaudutaan käsittelemään lähinnä sotilaallisten sensoreiden ja järjestelmien keräämää tietoa. Päätöksentekoa ja suunnittelua tukevien ohjelmistojen voi kuitenkin tulkita perustuvan tämänkaltaisiin periaatteisiin. Ydinaineiston ulkopuoliset lähteet käsittelevät ilmatorjunnassakin käytettyjä ohjelmistoja, joilla on mahdollista suunnitella operaatioita, mallintaa erilaisia skenaarioita harjoitteluun tai sotapelidemonstraatioihin, suorittaa analyysejä ja toteuttaa arviointeja sekä taktista debriefing-toimintaa. Ohjelmistot hyödyntävät järjestelmien suorituskykyyn, toimintaympäristöön, karttoihin ja säämalleihin perustuvia datatietokantoja. Osin samoilla ohjelmistoilla toteutetaan myös simulaatioita.<sup>296</sup> Simulointi sivuaa datan

<sup>290</sup> Esim. Barreira (2018), s. 1; Tanu (2018), s. 237.

<sup>291</sup> Barreira (2018), s. 2

<sup>292</sup> Hughes (2018), s. 5.

<sup>293</sup> Hawkes (2018), s. 3; Barreira (2018), s. 2.

<sup>294</sup> Wasserbly, Daniel & Andrew White: Adding SHORAD: US Army rebuilds its short range air defences (pdf-versio), Jane's International Defence Review. Washington & Lontoo 19.10.2018, s. 5.

<sup>295</sup> Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>296</sup> Esim. Jane's By IHS Markit: KDA develops mission planning software (pdf-versio), *International Defense Review*. 17.10.2001, s. 1.

hyödyntämistä tulevan toiminnan ennustamisessa ja harjoittelussa. Ydinaineistossa simulaatioiden käsittely jää kuitenkin yksittäisten mainintojen tasolle<sup>297</sup>.

Trendianalyysin perusteella on vaikea arvioida, missä määrin sodankäynnissä tullaan lisäämään tietomassojen laajamittaista hyödyntämistä digitalisaation periaattein. Ilmatorjunnan ulkopuolisia esimerkkejä avoimen tiedon tai big datan hyödyntämisestä käsitellään luvussa 5.4. Edellä käsiteltyjen taistelunjohtojärjestelmien edistyneisyys viittaa kuitenkin tilannekuvan välittämistapojen kehittymiseen. Mikäli kehitys noudattaa vastaavaa jatkumoa kuin trendianalyysistä on tulkittavissa, voi tilannekuvan välittämiseen siirtyä yhä edistyneisempiä teknologisia ratkaisuja. Luvussa 5.4 käsitelläänkin ilmatorjunnan ulkopuolisia esimerkkejä siitä, kuinka tilanne-tietoisuuden tukemisessa sovelletaan lisättyä todellisuutta.

*Yksittäisessä artikkelissa käsitellään myös edellisestä poikkeavaa kehitysnäkymää.* Ilmapuolustuksen lamauttamiskeinoja käsittelevässä artikkelissa kyseenalaistetaan laajakaistaisten ja suurta kapasiteettia vaativien tietojärjestelmien häirinnänsietoisuutta. Kun huomioidaan vastustajan intressit ja mahdollisuudet johtamisjärjestelmien lamauttamiseksi, tulisi johtamisjärjestelmiä rakentaa tulevaisuudessa uudenlaisen ajattelutavan pohjalta. Tämä voisi tarkoittaa hyväksyttävissä olevaa minimipalvelua, joka toimisi myös häiriityissä olosuhteissa. Kapealla ja kaikissa olosuhteissa toimivalla siirtokaistalla välitettäisiin ainoastaan yksinkertaisia komentoja ja karttasymboleja.<sup>298</sup> Artikkelin mukaan Venäjä on kehittänyt verkostokeskeistä sodankäyntiä, johon elektroninen sodankäynti kuuluu kiinteänä osana. Jo 2020-luvulla arvioidaan käytössä olevan suorituskykyjä, joilla pyritään vaikuttamaan vastustajan käyttämän tiedon saatavuuteen, eheyteen ja luotettavuuteen. Samalla luodaan keinoja, joilla voidaan imitoida väärää tietoa tai vääristää vastustajan tilannekuvaa joukkojensa ja järjestelmiensä tilasta ja suorituskyvystä.<sup>299</sup>

### 5.2.2 Teknologian kasvava asema tiedon käsittelyssä ja prosesseissa

*Teknologian kasvava asema tiedon käsittelyssä ja prosesseissa* on selvä jatkuvuutta osoittava teema, joka korostuu niin verkostopuolustuksen, digitalisaation kuin 2020-luvun ilmatorjunnan näkökulmista tarkasteltaessa. Verkostopuolustuksessa tämä ilmenee yleisenä teknologian korostumisena, mutta myös visioina automatisoiduista tietoverkoista. Visioita esiintyy

<sup>297</sup> Valpolini, Paolo: Anti-aircraft, and More..., *Armada International* 2/2015, s. 16; Sama, s. 18; Hughes, Robin: Modern family: IAI expands range of new generation Barak systems (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 11.1.2017, s. 5.

<sup>298</sup> Kilpeläinen, Teemu: Ilmapuolustuksen lamauttaminen 2030-luvulla, *Ilmatorjunta*. Numero 4/2018, s. 20. Artikkelin perustuu kattavaan lähdeaineistoon. Kirjoittaja työskentelee erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla.

<sup>299</sup> Sama, s. 22.



jopa automaattisesta tai puoliautomaattisesta tulenkäytöstä sensoridatan perusteella<sup>300</sup>. Tuoreissa digitalisaatiokäsityksissä teknologian uskotaan kykenevän suorittamaan niin rutiininomaista toimintaa kuin asiantuntijatyötäkin<sup>301</sup>. Käsiteltävä teema sivuaakin osin edellä käsitellyä tiedon hyödyntämisen teemaa. Teknologia tukee ihmistä tiedon hyödyntämisessä.

*Automaation merkitys korostuu modernia ilmatorjuntaa käsiteltäessä.* Taistelunjohtojärjestelmät suorittavat automaattisesti muun muassa eri lähteistä tulevien maalitietojen korrelointia, maalin tunnistusta, häirinnän paikannusta, uhkalaskentaa ja maalinosoitusta aselaveteille<sup>302</sup>. Laajasti automatisoidut järjestelmät pyrkivät tarjoamaan käyttäjilleen parhaat ratkaisut, tarjoten kuitenkin ihmiselle mahdollisuuden lopullisiin päätöksiin<sup>303</sup>. Tämä merkitsee esimerkiksi järjestelmien kykyä valita automaattisesti parhaat aselavetit kuhunkin maalitilanteeseen ja ohjata operaattoreita torjuntaoperaatioissa<sup>304</sup>. Myös modernissa ammusilmatorjunnassa tykit on liitetty tehokkaiisiin tulenjohtojärjestelmiin, jolloin inhimillisen tekijän osuus torjunnoissa on minimaalinen<sup>305</sup>. Ydinaineiston ulkopuoliset lähteet osoittavat, että myös moni ilmatorjuntaohjusjärjestelmä kykenee nykytilassaan sekä puoli- että täysautomatoituun tulitoimintaan, jossa järjestelmä tekee uhkamalliensa perusteelta ampumapäätöksen, joko täysin itsenäisesti tai ihmisen hyväksymänä<sup>306</sup>. Se sivuaa myös autonomisia piirteitä, joskaan ei pidä sisällään ryhmittämistä, lataamista, toimintakuntoon saattamista tai muuta taistelutekniikkaa.

Tunnusomaisena piirteenä automaation lisäämisessä ja inhimillisen tekijän vähentämisessä on taistelutempon kiihdyttäminen ja verkostokeskeisen sodankäynnin mukainen pyrkimys vähentää kohteen havaitsemisesta sen tuhoamiseen kuluva aikaa<sup>307</sup>. Tähän liittyy myös monissa ydinaineiston artikkeleissa toistuva simultaanisuuden käsite, jolla halutaan kuvata järjestelmien parantunutta kykyä torjua suuria määriä ilmamaaleja yhtäaikaaisesti<sup>308</sup>. Ydinaineistosta heijastuu vaikutelmaa, että modernissa ilmatorjunnassa arvostus järjestelmien automatisoitua suorituskykyä kohtaan on korkealla – kenties jopa toimintatapojen kehittämisen kustannuksella. Yksi syy ilmiön korostumiseen voi liittyä ilmauhkaan ja erityisesti sen keskeiseen trendiin,

<sup>300</sup> Esim. Lehmuslehti (2009), s. 178.

<sup>301</sup> Esim. Mattila (2017), s. 760.

<sup>302</sup> Hughes (2018), s. 3.

<sup>303</sup> Hawkes (2018), s. 2.

<sup>304</sup> Valpolini (2015), s. 18.

<sup>305</sup> Juntunen, Kimmo: Ilmatorjunnan kehittyminen – asejärjestelmät, *Ilmatorjunta*. Numero 3/2016, s. 13.

<sup>306</sup> Esim. Jane's By IHS Markit: Patriot (pdf-versio). *Land Warfare Platforms: Artillery & Air Defence*. 18.12.2018, s. 7.

<sup>307</sup> Alberts et al. (2000), s. 94-95.

<sup>308</sup> Esim. Hughes (2018), s. 4; Valpolini (2015), s. 18; Widlund (2018), s. 5.

kaukovaikuttamiseen. Esimerkiksi ballistiset ohjukset tai risteilyohjukset edellyttävät ilmatorjunnalta edistynyttä teknologiaa heikon havaittavuutensa, lentoratansa ja nopeutensa vuoksi.<sup>309</sup> Simultaanisuuutta käsitellään myös erittäin pienten lennokkijärjestelmien torjunnassa<sup>310</sup>. Ilmiö voi osin liittyä ihmisen rajalliseen reaktiokykyyn modernien ilmauhkien torjunnassa.

Digitalisaation näkökulmasta merkitsevää on se, että ydinaineiston käsittelemä teknologisen suorituskyvyn parantuminen ei liity ainoastaan fyysiseen teknologiaan, vaan myös digitaalisiin ja ohjelmistopohjaisiin ratkaisuihin<sup>311</sup>. Ohjelmistokehityksellä on parannettu esimerkiksi tutkajärjestelmien kykyä pienten maalien havaitsemiseen<sup>312</sup>. Kaikkein edistyneimpien kehitteillä olevien tutkajärjestelmien mainitaan perustuvan muun muassa moderniin digitaaliseen arkkitehtuuriin ja digitaaliseen säteenmuodostusteknologiaan<sup>313</sup>. Tarkemmin käsitellään aktiiviseen elektronisesti skannaavaan säteenmuodostukseen, eli AESA-teknologiaan perustuvia tutkajärjestelmiä. Nykyaikaisiin uhkiin vastaamista ja simultaanisuuutta käsitellään myös niiden yhteydessä. AESA-tutkien todetaan kykenevän sekä etsimään että seuraamaan ilmamaaleja yhtäaikaaisesti 360 asteen kattavuudella.<sup>314</sup> Tutkasäteilyä voidaan ohjata elektronisesti eri suuntiin tutka-antenneja siirtämättä. Luomalla useita säteitä yhtäaikaisesti helpotetaan useiden kohteiden mittaamista. Useiden eri taajuuksien aktiivinen ja yhtäaikainen käyttö parantaa myös häirinnäväistöominaisuuksia.<sup>315</sup> Pohjimmiltaan myös kuvatut, erittäin tekniset näkökulmat, si-  
vuavat ilmatorjunnalle keskeisen tiedon hyödyntämistä ja käsittelemistä.

*Merkittävänä suorituskyvyn lisääjänä pidetään myös järjestelmien kasvanutta prosessointikykyä<sup>316</sup>. Prosessointikyky mahdollistaa osaltaan teknologian kykyä tukea ihmistä tiedon käsittelyssä yhä laajemmin – myös datamäärien kasvaessa. Vaikka suorat viittaukset tekoälyyn jäävät ilmatorjuntaa käsitellessä vähäisiksi, voi 2020-luvun järjestelmien todeta sisältävän älykkäitä piirteitä. Esimerkiksi monimutkaisten algoritmien käyttöä järjestelmien ohjelmistoissa käsitellään useissa artikkeleissa<sup>317</sup>. Niitä mainitaan hyödynnettävän muun muassa dynaamisessa*

<sup>309</sup> Esim. Valpolini (2015), s. 18; Puranen, Lauri; Jari Takanen, Pasi Välimäki, Jukka Rautalahti, Sampo Eskelinen, Jouni Junttila & Petteri Seppälä: *Esiselvitys Hornet-kaluston suorituskyvyn korvaamisesta, Loppuraportti*. Puolustusministeriö, Helsinki 2015, s. 39.

<sup>310</sup> Wasserbly & White (2018), s. 4.

<sup>311</sup> Esim. Hawkes (2015), s. 5.

<sup>312</sup> Fein, Geoff: Maintaining an edge: US land-based radar developments (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. Washington, DC 27.9.2016, s. 5.

<sup>313</sup> Sama, s. 12–13. Tarkempaa kuvausta näiden toimintaperiaatteesta ei lähteessä kerrota

<sup>314</sup> Hawkes (2018), s. 5.

<sup>315</sup> Ruotsalainen, Henri: Ilmasodankäynnin tulevaisuuden trendejä, *Ilmatorjunta*. Numero 4/2016, s. 15.

<sup>316</sup> Hawkes (2018), s. 3; Leventopoulos (2018), s. 19.

<sup>317</sup> Ebbutt (2017), s. 1; Hawkes (2018), s. 9; Fein (2016), s. 10; Von Wyl (2016b), s. 14.

ja automaattisessa maalin arvioinnissa, maalien jakamisessa ja siviili- sekä sotilasilmailun erotelussa<sup>318</sup>. Samalla ydinaineistossa todetaan kuitenkin toistuvien esimerkein, kuinka myös vastassa oleva ilmauhka kehittyi erityisen nopeasti, myös tekoälyn soveltamisessa<sup>319</sup>. Edistyneisyys koskee myös häirintäjärjestelmiä, joihin liitetään automaatiota, ja joiden kokonaisvaltaisuutta lisätään integraatiolla automatisoituihin johtamisjärjestelmiin<sup>320</sup>.

Suoritettujen analyysien perusteella voidaan todeta, että teknologian kasvava asema tiedon käsittelyssä ja muissakin toiminnoissa on pysyvä, mutta myös voimakkaasti kehittyvä teema. Tehtävien siirtyminen koneille ei ole uusi asia, mutta tutkimusasetelman kannalta keskeistä on, että teknologia tukee ihmistä erityisesti tiedon käsittelyssä. Merkittävä osa ilmatorjunnan järjestelmien toiminnasta perustuu teknologian prosessoimaan dataan myös sellaisina toimintoina, joihin ihminen ei osallistu. Aineiston valossa todennäköisenä jatkumona teknologian suorittamalle tiedon käsittelylle on ilmatorjunnassakin tekoälyn soveltaminen. Automaation jatkumona mahdollista on myös robotiikkaa ja autonomisia piirteitä omaavien järjestelmien siirtyminen osaksi ilmatorjuntaa. Kehitysnäkymien ajankohtaisuuden arvioiminen on vaikeampaa. On kuitenkin huomionarvoista, että ilmauhan kehityksessä on viitteitä digitalisaation nopeastakin etenemisestä. Nousevia ilmiöitä käsitellään tarkemmin luvussa 5.3.

### 5.2.3 Tiedon ja toimintojen verkottuminen

Keskeinen jatkuvuutta edustava teema liittyy tiedon keräämiseen ja jakamiseen. Tiedon kerääminen ja jakaminen nivoutuvat tutkimuksen aineistossa niin kiinteästi verkottumisen teemaan, että kyseisiä teemoja on jopa vaikea käsitellä toisistaan erotettuna. Verkostopuolustuksessa käsiteltävän teeman merkitys on kiistaton (ks. luku 3.2). Digitalisaatiossa teema kiteytyy esineiden internetiin<sup>321</sup>, jonka voi ajatella sekä keräävän että jakavan tietoa.

*Ydinaineiston valossa avainasemassa on yhteisen tilannekuvan muodostaminen eri osapuolten välillä.* Jo yksikkötasolla sensoreiden, aselavettien ja taistelunjohtokeskusten välinen verkottuminen<sup>322</sup> palvelee tätä päämäärää – yhteistä tilannekuvaa hajautetusti ryhmitettyjen elementtien välillä. Koska myös eri yksiköiden taistelunjohtokeskukset kykenevät verkottumaan keskenään, muodostuu kokoonpanoja, joissa yksiköiden saama yhteinen tilannekuva on kattavampi

<sup>318</sup> Ebbut (2017), s. 1.

<sup>319</sup> Esim. Leventopoulos, Sozon A.: *Ground-based Air Defense Systems New Challenges and Perspective*. Research paper, No. 175, Research Institute for European and American Studies (RIEAS) 2018, s. 5; Ruotsalainen (2018), s. 12; Rădulescu & Şandru (2016), s. 49.

<sup>320</sup> Kilpeläinen (2018), s. 22.

<sup>321</sup> Esim. Schwab (2017), s. 18.

<sup>322</sup> Esim. Hughes (2018), s. 4; Tanu (2018), s. 237; Widlund (2018), s. 8.

kuin itsenäisessä toiminnassa<sup>323</sup>. Sama periaate vaikuttaa myös järjestelmien tai niiden osien liittyessä mihin tahansa laajempaan verkkoon. Tarve liittyä voi perustua taktiseen tilanteeseen tai pyrkimykseen parantaa valvonnan tai tulenkäytön ulottuvuutta tietyllä alueella.<sup>324</sup> Yhteinen tilannekuva voidaan muodostaa myös kaikkien puolustushaarojen välillä<sup>325</sup>. Tyypillistä on erityisesti liittyminen yhteiseen ilmapuolustuksen verkkoon<sup>326</sup>.

*Tiedon tarvitsijoiden ja tarjoajien liitettävyyks korostuu*, mikä merkitsee edellytysten luomista tiedon keräämiselle ja jakamiselle. Modernissa ilmatorjunnassa korostetaan järjestelmien ”plug-and-play” tai ”plug-and-fight”-kykyä. Käsitteillä pyritään kuvastamaan järjestelmien sujuvaa liitettävyyttä erilaisiin verkkoihin.<sup>327</sup> Edistyneiden verkkoteknologioiden todetaan takaavan optimoituja, epähierarkkisia verkkoratkaisuja, joihin on mahdollista liittyä myös langattomilla mobiiliverkkoteknologioilla. Eri sensoreiden ja asejärjestelmien sujuva liittyminen verkkoihin pyritään takaamaan ulkoisia liittyjiä varten erikseen kehitetyillä liityntäjärjestelmillä.<sup>328</sup> Tämä edesauttaa muidenkin kuin järjestelmään orgaanisesti kuuluvien suorituskykyjen liittämistä järjestelmäverkkoon. Myös joustavaa kykyä verkkojen uudelleenkonfigurointiin tai hallinnan luovuttamista toiselle osapuolelle käsitellään.<sup>329</sup> Myös erilaiset datalinkit ja lukuisat verkkostandardit mahdollistavat tiedonsiirtoa eri järjestelmien välillä<sup>330</sup>.

Tiedon kerääminen ilmenee modernissa ilmatorjunnassa erityisesti maalitietoa käsittelevinä, pitkälle automatisoituina prosesseina. Ilmatilannekuvan osalta yksikkötason tiedonkeruu tapahtuu yleensä taistelunjohtokeskuksessa, josta on yhteys sekä sensoreihin että asejärjestelmiin<sup>331</sup>. Useiden yksiköiden verkottuessa maalitiedot fuusioituvat reaaliaikaiseksi ilmatilannekuvaksi<sup>332</sup>. Tietoa voidaan kerätä myös kolmansilta osapuolilta, minkä etuna on tilannekuvan laajentuminen oman näkemäalueen ulkopuolelle. Esimerkiksi lyhyen kantaman ilmatorjunnassa se voi parantaa merkittävästi kykyä lähestyvien ilmamaalien torjumiseen.<sup>333</sup> Samaa periaatetta

<sup>323</sup> Hawkes (2018), s. 7; Hughes (2018), s. 4; Tanu (2018), s. 238; Valpolini (2018), s. 20.

<sup>324</sup> Ebbut (2018), s. 1.

<sup>325</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 11.

<sup>326</sup> Esim. Hawkes (2018), s. 7; Wasserbly & White (2018), s. 1.

<sup>327</sup> Ebbut (2018), s. 1; Juntunen (2016), s. 11; Rădulescu & Şandru (2016), s. 52; Valpolini (2015), s. 18; Williams, Huw: One-stop missile shop: European manufacturers look to meet full spectrum of requirements (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*, 17.5.2016, s. 12.

<sup>328</sup> Hughes (2018), s. 5.

<sup>329</sup> Ebbut (2018), s. 1.

<sup>330</sup> Esim. Barreira (2018), s. 1; Hughes (2018), s. 4; Rădulescu & Şandru (2016), s. 52. Artikkelit mainitsevat esimerkiksi Link 16, JRE, Link 11, Link 11B, LLAPI ja ADTL-1 -standardit.

<sup>331</sup> Esim. Hawkes (2018), s. 2.

<sup>332</sup> Scott (2015), s. 2.

<sup>333</sup> Peruzzi, Luca: Shorad Showdown, *Armada International* 5/2015, s. 33.

voi soveltaa muuhunkin ilmatorjuntaan – erityisesti ballististen ohjusten torjuntaan, jossa ennakkovaroituksen saaminen voi edellyttää erittäin laajaa maalitilannekuvaa<sup>334</sup>.

*Vastavuoroisesti käsitellään myös tiedon jakamista.* Alimmilla tasoilla vastavuoroisuutta toteutuu myös automaationa – esimerkiksi saman yksikkötyypin taistelunjohtokeskusten välillä. Jakaminen korostuu erityisesti sensorijärjestelmiä käsitellessä. Se voi tarkoittaa sensoridatan tuottamista ulkoisille taistelunjohto-, tiedustelu-, valvonta- ja maalittamisjärjestelmille tai eri yksikkötyyppien ilmatorjuntajärjestelmille.<sup>335</sup> Myös tiedon jakamisesta integroidun ilma- ja ohjuspuolustusjärjestelmän (IAMD<sup>336</sup>) kanssa esiintyy mainintoja<sup>337</sup>. Tulevaisuuden ideaalitilanteessa kaikki käyttökelpoinen data verkottuu. Tietoa kertyy sekä jaetusta ilma- ja maatilanteesta että yksittäisiltä sensoreilta ja asejärjestelmiltä. Modernissa ilmatorjunnassa järjestelmät kommunikoivat verkottuneesti toistensa kanssa, tuottavat dataa myös muille joukoille ja välittävät inhimillisille päätöksentekijöille kaiken tarvittavan informaation.<sup>338</sup>

Ydinaineistossa reaaliaikaisen ilmatilannekuvan osuus korostuu, mutta yksittäisiä mainintoja esiintyy myös taktisten johtamispaikkojen tai esikuntien liittymisestä taistelunjohtokeskusten, sensoreiden ja aselavettien verkkoon. Tämä voi tarkoittaa niiden kuulumista organisesti järjestelmäverkkoon<sup>339</sup> tai sitä, että johtamiselintä voidaan käyttää joustavasti eri järjestelmistä koostuvissa kokoonpanoissa<sup>340</sup>. Kyseisten johtamiselinten roolia operaatioissa ei tarkemmin käsitellä, mutta tulkittavissa on, että ne merkitsevät ilmatilannekuvaa laajempaa verkottumista – esimerkiksi maavoimien tilannekuvajärjestelmiin tai yleisiin tilannekuvajärjestelmiin<sup>341</sup>.

*Ydinaineiston käsittelemässä verkottumisen teemoissa on myös toiminnallisia ulottuvuuksia.* Toisaalta kyse on tiedon verkottumisen vaikutuksista toimintaan, toisaalta kyvystä käyttää suorituskykyä verkottuneesti. Pohjimmiltaan miltei aina sivutaan vähintään datan prosessointia, myös silloin, kun käytetään vaikkapa tulenkäyttöön liittyviä suorituskykyjä verkottuneesti. Myös Suomen ilmapuolustuksen yhteiseen verkostoituneeseen johtamisjärjestelmään perustuva toiminta sivuaa sekä tietoa että toimintaa. Sen todetaan mahdollistavan asejärjestelmien ja sensoreiden joustavaa käyttöä sekä kansallisessa että kansainvälisessä toimintaympäristössä.<sup>342</sup> Verkottuneessa ympäristössä sekä ilmatorjunnan että hävittäjätorjunnan vahvuuksia kyetään

<sup>334</sup> Puranen et al. (2015), s. 27.

<sup>335</sup> Esim. Wasserbly & White (2018), s. 4.

<sup>336</sup> Integrated Air and Missile Defence System

<sup>337</sup> Fein (2016), s. 2; Wasserbly & White (2018), s. 4.

<sup>338</sup> Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>339</sup> Hawkes (2018), s. 7; Tanu (2018), s. 237.

<sup>340</sup> Barreira (2018), s. 1.

<sup>341</sup> Sama, s. 1.

<sup>342</sup> Puranen et al. (2015), s. 39.

hyödyntämään. Toisaalta myös eri järjestelmien haavoittuvuuksia kyetään suojaamaan tai niihin kohdistuvaa vaikutusta rajoittamaan toisten järjestelmien vahvuuksilla.<sup>343</sup>

Verkostopuolustuksen tavoin myös 2020-luvun ilmatorjunnassa verkottuminen nähdään *taisteluvoimaa lisäävänä* tekijänä. Sen todetaan parantavan kaikkien käyttökelpoisten suorituskykyjen hyödyntämistä tehtävässä.<sup>344</sup> Suorituskykyjen yhteiskäyttö parantaa merkittävästi puolustuksen vaikuttavuutta, ja voi ehkäistä tilanteita, joissa yksittäisen komponentin häiriötila lamauttaisi kokonaisjärjestelmän<sup>345</sup>. Myös patteriston sisäisen, tulyyksiköiden välisen verkottumisen, todetaan luovan tehokkaampaa vastarintaa ja parantavan ilmamaalien tuhoamistodennäköisyyttä<sup>346</sup>. Verkottumiseen liittyy synergiaa, eli yhteisvaikutusta, joka on suurempi kuin osiensa summa. Verkottuminen mahdollistaa vaikutusten optimaalisen koordinoinnin<sup>347</sup>, ja eri puolustushaarojen suorituskykyjen saumattoman yhteistoiminnan<sup>348</sup>. Se ehkäisee myös ilmapuolustuksen joutumista omien ilmatorjuntajärjestelmien tulitoiminnan kohteeksi<sup>349</sup>. Luvussa 5.2.4 käsitellään myös verkottumisen parantamaa ulottuvuutta ja kykyä hajautettuun operointiin.

Ydinaineistossa sivutaan niukasti osoituksia konkreettisista ratkaisuksista, joissa verkottuminen voisi mahdollistaa *taktisen edun taistelussa*. Esimerkkinä tällaisesta mainitaan kuitenkin muun muassa tilanne, jossa maalitieto havaittaisiin ilma-aluksen sensorilla, kun taas ohjus ammuttaisiin maasijoitteisella ilmatorjunnalla.<sup>350</sup> Merkitsevää esimerkissä on se, että verkottuminen mahdollistaisi ohjuslaukaisua suorittavan osapuolen operoinnin tutkahiljaisuudessa. Myös tutkateknologiaan liittyvällä TVM-kyvykkyydellä (track-via-missile) vaikeutetaan ilmamaalin kykyä havaita siihen kohdistuvaa ohjuslaukaisua, kun laukaisun aikana säteilee ainoastaan maasijoitteinen tutka, ei ohjus itsessään. Myös maasta kohdistuvasta monitoimitutkan säteilystä on vaikea päätellä, ollaanko sitä käyttämässä tulitoimintaan vai maalin etsintään.<sup>351</sup>

Inhimillisten osapuolten väliseen verkostoitumiseen tai verkottuneisiin toimintatapoihin liittyvät esimerkit jäävät ydinaineistossa vähäisiksi. Aihetta sivuaa kuitenkin yhteentoimivuus, jonka yhteydessä eräs artikkeleista sivuaa myös mentaalista ja rakenteellista yhteentoimivuutta. Niillä tarkoitetaan muun muassa terminologian, kielen, prosessien ja komentorakenteen yhteensovit-

<sup>343</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 11.

<sup>344</sup> Rădulescu & Şandru (2016), s. 49; Sama, s. 52; Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>345</sup> Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>346</sup> Tanu (2018), s. 237.

<sup>347</sup> Hughes (2017), s. 2–3.

<sup>348</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 14.

<sup>349</sup> Rădulescu & Şandru (2016), s. 52.

<sup>350</sup> Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>351</sup> Hawkes (2018), s. 2.

tamista. Konkreettisesti kyse on esimerkiksi yhdenmukaisesta symboliikasta ja toimivista standardeista. Tärkeimmäksi todetaan kuitenkin käytännön harjoittelu. Artikkelissa pohditaan myös sitä, millaista tietoa voi jakaa kumppaneille ja millaista taas ei. Teknologian todetaan mahdollistavan yksinkertaisia ratkaisuja, joissa viestijärjestelmän kytkimen asento määrittää sen, jaetaanko tietoa sisäisesti, vai myös kumppaneiden kanssa. Yhteistoimintaa pidetään kuitenkin avaintekijänä ilmauhkien kehittyessä. Asevoimien tarve yhä kompleksisemmille järjestelmille kasvaa, mikä taas edellyttää suuria taloudellisia panostuksia.<sup>352</sup>

Tulevaisuuden kehitysnäkymien kannalta analysoidut aineistot tukevat päätelmää siitä, että yhteyksien ja yhteiskäyttöisten tietoverkkojen määrä kasvaa – sekä järjestelmien sisällä että eri järjestelmien välillä. Digitalisaatiossa keskeinen esineiden internetin megatrendi antaa viitteitä kehityskulun voimakkaasta syvenemisestä, kun erityisesti siviiliyhteiskunnan sektoreilla yhä pienempiä, arkisiakin esineitä kytketään verkkoon<sup>353</sup>. Luvussa 5.4 käsitellään ydinaineiston ulkopuolisten lähteiden valossa myös sotilasjärjestelmien ulkopuolisen sensoritiedon tai massadatan hyväksikäyttöä. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattu kybervaikuttaminen sivuaa kiinteästi verkottumiseen liittyviä kehitysnäkymiä, sillä myös ydinaineistossa muistutetaan tietoverkkoihin liittyvistä turvallisuusriskeistä. Toisaalta spekulatiivisia visioita esitetään myös kybervaikuttamisesta osana tulevaisuuden ilmatorjunnan keinovalikoimaa.<sup>354</sup>

#### 5.2.4 Paikkasidonnaisuuden väheneminen ja etäoperointi

*Fyysisen läsnäolon ja paikkasidonnaisuuden vähenemiseen* liittyviä teemoja esiintyy erityisesti verkostopuolustuksessa ja digitalisaatiossa. Myös 2020-luvun ilmatorjunnasta erottuu samoja teemoja, vaikka ne eivät korostu yhtä voimakkaasti kuin luvun aikaisemmat teemat. Teema sivuaa kiinteästi verkottumista. Verkostopuolustuksen yhteydessä käsitellään muun muassa paikasta riippumatonta päätöksentekoa<sup>355</sup> ja virtuaalista johtamista<sup>356</sup>, joiden periaatteena on yhdistää maantieteellisesti hajallaan olevia elimiä yhdeksi virtuaaliseksi kokonaisuudeksi. Ajattelutavoilla on selvä yhteys erityisesti verkostokeskeiseen sodankäyntiin<sup>357</sup>. Siihen liittyvä teo-

<sup>352</sup> Von Wyl, Anita (ed.): New dangers, new cooperation arrangements: when different armed forces operate jointly, *Crypto Magazine, Secure communication for integrated surface-to-air defence*. No. 1, 2016b, s. 12–14.

<sup>353</sup> Esim. Schwab (2017), s. 18.

<sup>354</sup> Leventopoulos (2018), s. 13; Sama, s. 18.

<sup>355</sup> Kenttäohjesääntö, Yleinen osa (2008), s. 38.

<sup>356</sup> Esim. Lehto (2006), s. 224–227.

<sup>357</sup> Esim. Alberts et al. (2000), s. 108–109.

ria käsittelee muun muassa yksittäisen resurssin tai toiminnon verkottunutta hyödyntämistä useassa paikassa yhtä aikaa<sup>358</sup>. Tuoreissa digitalisaatioon liittyvissä lähteissä käsitellään esimerkiksi aikaan, paikkaan, tiedonsaantiin ja osallistumiseen liittyvien rajoitteiden poistumista<sup>359</sup>.

*Etähallinnan mahdollistavat järjestelmät tai osajärjestelmät* ovat ydinaineiston perusteella tyyppillisiä 2020-luvun ilmatorjunnassa – ja myös nykyhetkellä. Erityisesti ilmatorjuntaohjusjärjestelmille tyyppillistä on, että sensoreiden, aselavettien ja päätöksentekijöiden verkon ainoa miehittämistä edellyttävä elementti on taistelunjohtokeskus<sup>360</sup>. Se tarkoittaa, ettei muiden osajärjestelmien välittömässä läheisyydessä edellytetä henkilöstön jatkuvaa läsnäoloa. Eräässä artikkelissa käytetään ohjuslavettien kohdalla jopa autonomisuuden käsitettä<sup>361</sup>. Sanavalinta on kuitenkin ontuva, koska järjestelmien ohjauksen toteuttaa kaikissa ydinaineiston esimerkeissä pohjimmiltaan ihminen – myös etähallinnan kautta. Miehittämättömät aselavetit ovat kuitenkin osa tulevaisuuden ilmatorjuntaa – myös ammusilmatorjunnassa, jossa automaattiasemat mahdollistavat myös lataamisen ilman ihmisvoimaa<sup>362</sup>. Etähallintamahdollisuutta kehitetään myös tällä hetkellä miehittämiseen perustuviin ilmatorjunnan asejärjestelmiin<sup>363</sup>. Samaa mahdollistetaan myös miehittämistä vaativiin tutkajärjestelmiin<sup>364</sup>.

Modernissa ilmatorjunnassa ilmenee selviä yhteyksiä verkostokeskeisen sodankäynnin ensimmäiseen avainperiaatteeseen, maantieteellisesti hajautettujen suorituskykyjen verkottuneeseen käyttöön<sup>365</sup>. Ydinaineistossa periaate ilmaistaan miltei sanatarkasti, kun järjestelmien todetaan mahdollistavan verkottuneita, hajautettuja operaatioita<sup>366</sup> tai niiden todetaan perustuvan verkottuneiden sensoreiden, tuliyksiköiden ja taistelunjohtokeskusten hajautettuun arkkitehtuuriin<sup>367</sup>. Niistä vastaavat yksittäiset operaattorit laajassa maantieteellisessä ympäristössä<sup>368</sup>. Verkottuminen mahdollistaa suorituskykyjen yhtäaikaisen hyödyntämisen samalla alueella ilman fyysistä keskittämistä. Sillä on myös taistelunkestävyyttä parantava merkitys.<sup>369</sup> Myös verkostopuolustuksen visioiden valossa yksittäisen elementin vikaantuessa tai tuhoutuessa verkottuminen voi mahdollistaa toiminnan jatkamisen yhteisiä suorituskykyjä hyödyntämällä<sup>370</sup>.

<sup>358</sup> Sama, s. 91.

<sup>359</sup> Koironen & Räsänen (2017), s. 456.

<sup>360</sup> Esim. Hawkes (2018), s. 2.

<sup>361</sup> Tanu (2018), s. 238.

<sup>362</sup> Ruotsalainen (2018), s. 14.

<sup>363</sup> Williams (2016), s. 5.

<sup>364</sup> Valpolini (2015), s. 22.

<sup>365</sup> Alberts et al. (2000), s. 90–91.

<sup>366</sup> Hughes (2018), s. 4.

<sup>367</sup> Scott (2016), s. 1.

<sup>368</sup> Hawkes (2018), s. 7.

<sup>369</sup> Von Wyl (2016a), s. 5.

<sup>370</sup> Esim. Hyytiäinen (2018), s. 195–196; Lehto (2006), s. 227.



*Kuva etäoperoinnin ja hajauttamisen mittakaavasta jää ydinaineistossa hajanaiseksi.* Ilmatorjuntajärjestelmien kantamat voivat kattaa pisimmillään satojen kilometrien alueita<sup>371</sup>. Sensorijärjestelmien näkökulmasta voidaan kattaa tätäkin suurempia alueita, joissa tutkien muodostama ilmatilannekuva voi ulottua yhtäaikaisesti useiden valtioiden alueelle<sup>372</sup>. Kehitteillä on horisontin yli mittaavia tutkajärjestelmiä (over-the-horizon), jotka voivat havaita kohteita yli 1000 kilometrin etäisyydeltä<sup>373</sup>. Esimerkkinä ryhmitysten laajuudesta mainitaan muun muassa ilmatorjuntaohjuspatteristo, jonka sensorit ja aselavetit voidaan ryhmittää halkaisijaltaan 25 kilometrin alueelle<sup>374</sup>. Kyseinen esimerkki on tulkittavissa ryhmitykseksi, johon patteristo kykenee orgaanisilla viestijärjestelmillään. Esimerkiksi ballististen ohjusten torjunnan todetaan edellyttävän järjestelmien sijoittamista hyvin laajalle, jopa valtion rajat ylittävälle alueelle<sup>375</sup>. Nykytilassakin muun muassa internet-protokollaan perustuvia ilmatorjunnan viestijärjestelmiä<sup>376</sup> olisi teknisesti liitettävissä miltei mihin tahansa nykyaikaiseen tiedonsiirtoverkkoon. Se voisi mahdollistaa verkottumisen merkittävienkin etäisyyksien takaa.

Ydinaineisto sivuaa myös uhkiin liittyvää toimintaetäisyyksien kasvua ja etäoperointia. Jo mainittua ballististen ohjusten uhkaa pidetään ilmauhkan keskeisenä trendinä<sup>377</sup>. Sen todetaan vaikuttaneen voimakkaasti myös ilmatorjunnan kehitykseen<sup>378</sup>. Myös täsmäaseteknologian kehitys tuodaan ydinaineistossa esiin<sup>379</sup>. Vastustajalla on yhä paremmat edellytykset suorittaa ilmaoperaatioitaan kaukaa, jopa omasta ilmatilastaan<sup>380</sup>. Tämän todetaan merkinneen ilmatorjunnassa kehitystä, jossa lavettien torjumisen sijaan on suuntauduttu ohjusten ja muiden projektii-  
lien torjumiseen<sup>381</sup>. Myös luvussa 5.3.1 käsiteltävillä miehittämättömillä ilma-aluksilla on mahdollista suorittaa tehtäviä ilman ihmisen fyysistä läsnäoloa.

Teknologinen kehitys on muovannut jo nykyhetkeen mennessä paikkasidonnaisuuteen ja ulottuvuuteen liittyviä sodankäynnin teemoja. Yleiseen sotatekniseen kehitykseen perustuva – ja myös sotakokemusten osoittama – aseiden kantaman, osumatarkkuuden ja valvonnan ulottuvuuden kasvaminen ovat ilmeisin osoitus tästä kehityskulusta. Ydinaineistossa esiintyy jopa

<sup>371</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 12.

<sup>372</sup> Williams (2016), s. 7.

<sup>373</sup> Ruotsalainen (2018), s. 15.

<sup>374</sup> Hughes (2018), s. 4.

<sup>375</sup> Puranen et al. (2015), s. 27.

<sup>376</sup> Peruzzi (2015), s. 37.

<sup>377</sup> Puranen et al. (2015), s. 39.

<sup>378</sup> Juntunen (2016), s. 11.

<sup>379</sup> Leventopoulos (2018), s. 12.

<sup>380</sup> Williams (2016), s. 1.

<sup>381</sup> Juntunen (2016), s. 13; Leventopoulos (2018), s. 19.

avaruussodankäyntiä sivuavia mainintoja – esimerkiksi satelliitteihin perustuvasta ennakkovaroitusjärjestelmästä ballististen ohjusten torjunnassa<sup>382</sup>, satelliitteihin perustuvasta tiedonsiirrosta<sup>383</sup> tai jopa satelliitteja tuhoavista ilmatorjuntaohjusjärjestelmistä<sup>384</sup>. Digitalisaation kannalta merkitsevin kehitys liittyy verkottumisen tarjoamaan paikkasidonnaisuuden vähenemiseen ja ulottuvuuteen. Ydinaineisto ei käsittele juurikaan niihin liittyviä taktisia mahdollisuuksia, kuten myöskään haasteita. Kehitykseen voi liittyä kuitenkin sellaista sijaintiin ja läsnäoloon liittyvien rajoitteiden poistumista, joka voisi heijastua myös sodankäynnin keinovalikoimaan.

### 5.2.5 Rajapintoja ylittävä yhteentoimivuus, kokonaisvaltaisuus ja avoimuus

Erityisesti verkostopuolustukseen ja digitalisaatioon liittyy ajatuksia organisaatorajoja ylittävistä tai jopa perinteisiä organisaatioita mullistavista ilmiöistä. Verkostopuolustuksen visioissa tämä ilmenee laajassa kontekstissa muun muassa Puolustusvoimien, viranomaisten ja muiden kumppaneiden välisenä verkottumisena<sup>385</sup>. Verkostopuolustukseen liittyvät eri muodoissa myös seuraavaksi käsiteltävät yhteentoimivuuden ja integraation käsitteet<sup>386</sup>. Digitalisaatiossa organisoitumisen muutos kiteytyy alustoissa, jotka integroivat tehokkaasti eri osapuolia. Ne häivyttävät toimialojen välisiä rajoja sekä mahdollistavat uudenlaisia toimintatapoja ja arvonluontia. Yhteisiin alustoihin kytkeytyminen tarjoaa uusia mahdollisuuksia myös osapuolille, joilla omaa kyvykkyyttä tai pääomaa alustan ylläpitoon ei ole.<sup>387</sup> Jossain määrin myös 2020-luvun ilmatorjunnasta välittyy vaikutelmaa toimintojen, osapuolten ja järjestelmien välisten rajojen häilymisestä. Pääosin kyse on kuitenkin teknisellä tasolla ilmenevistä seikoista.

*Yhteentoimivuuden* (interoperability) käsite esiintyy useissa ydinaineiston lähteissä. Eräs artikleista jakaa yhteentoimivuuden kolmeen osa-alueeseen: mentaaliseen, rakenteelliseen ja materiaaliseen yhteentoimivuuteen. Kaksi ensimmäistä osa-aluetta sivuavat luvussa 5.2.3 käsitellyt toiminnallista, inhimillisten osapuolten välistä verkottumista ja yhteistoimintaa. Materiaalinen yhteentoimivuus liittyy artikkelin mukaan konkreettisiin järjestelmiin, kuten johtamis- tai

<sup>382</sup> Leventopoulos (2018), s. 18; Puranen et al. (2015), s. 27.

<sup>383</sup> Kilpeläinen (2018), s. 20; Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>384</sup> Widlund (2018), s. 9.

<sup>385</sup> Kaskeala, (2005b).

<sup>386</sup> Alberts & Hayes (2003), s. 107, teoksessa on yksi kokonainen luku otsikolla ”Interoperability”; Hyytiäinen (2018), s. 190; Kenttäohjesääntö, Yleinen osa (2008), s. 38. Kenties verkostopuolustuksen merkittävimmän hankkeen keskiössä oli puolustushaarat ylittävä tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmien integraatio.

<sup>387</sup> Still et al. (2017), s. 1–2.

ennakkovaroitusjärjestelmiin.<sup>388</sup> Tyypillisesti yhteentoimivuutta sivutaan liittolaisten tai kumppaneiden välistä yhteistyötä käsiteltäessä<sup>389</sup>. Erityisesti ballististen ohjusten torjunnassa yhteentoimivuus todetaan elintärkeäksi, koska niiden kantamat ovat laajoja ja kokonaisia maanosia kattavia.<sup>390</sup> Yhteentoimivuutta käsiteltäessä sivutaan myös kustannustehokkuuspyrkimyksiä<sup>391</sup>. Pohjimmiltaan kyse on yhteistyön edellytysten luomisesta, kun uhkien kirjo on laajenemassa ja järjestelmiin kohdistuvat vaatimukset kehittymässä yhä kompleksisempaan suuntaan<sup>392</sup>.

*Integraatio* on yksi ydinaineiston toistuvimmista yksittäisistä käsitteistä<sup>393</sup>. Käsite sivuaa yhteentoimivuutta, esimerkiksi integroitumisena eri maiden ilmapuolustusjärjestelmiin<sup>394</sup>. Käsitettä käytetään myös eri osapuolten verkottumiseen viittaavissa yhteyksissä, kuten patteriston tuliyksiköiden välisessä toiminnassa<sup>395</sup>. Integraatiosta puhutaan myös eri lähteistä kootun tilannekuvan yhteydessä<sup>396</sup>. Tyypillisesti integraatiolla viitataan kuitenkin tapaan, jossa suorituskykyä rakennetaan eri järjestelmien osia, kuten sensoreita ja asejärjestelmiä yhdistämällä<sup>397</sup>. Tämä tarkoittaa usein sitä, että kokonaisjärjestelmä muodostuu yhdistelmästä eri valmistajien järjestelmiä<sup>398</sup>. Myös integraation yhtenä perusteluna mainitaan kustannustehokkuus<sup>399</sup>. Lisäksi modernin ilmauhan todetaan edellyttävän ilmapuolustuksen ja vaikuttamiskyvyn entistä tiiviimpää integrointia kaikkien torjunta- ja vaikuttamistilaisuuksien hyödyntämiseksi<sup>400</sup>.

*Ilmatorjuntajärjestelmiä kehitetään yhä kokonaisvaltaisempaan suuntaan.* Sotahistorian todetaan osoittaneen, että vain yhden järjestelmän ylivertaisuuteen perustuviin ratkaisuihin on pystytty kehittämään toistuvasti tehokkaat vastakeinot<sup>401</sup>. Ydinaineiston perusteella kokonaisvaltaisuutta edellyttää erityisesti uusien uhkien laaja kirjo<sup>402</sup>. Valmistajat pyrkivät kehittämään järjestelmiä, jotka vastaisivat useisiin erilaisiin uhkiin – miehittämättömistä lennokeista aina ballistisiin ohjuksiin. Useilla laukaisu- ja ohjausmenetelmillä varustetut ohjukset sekä monitoimi-

<sup>388</sup> Von Wyl (2016b), s. 13–14.

<sup>389</sup> Gotlowska (2018), s. 6; Grönroos & Herranen (2016), s. 11; Valpolini (2015), s. 16; Williams (2016), s. 1.

<sup>390</sup> Von Wyl (2016b), s. 14.

<sup>391</sup> Sama, s. 12; Williams (2016), s. 1.

<sup>392</sup> Von Wyl (2016b), s. 12.

<sup>393</sup> Integraatiosta esiintyy yli 80 mainintaa 23 eri artikkelissa.

<sup>394</sup> Esim. Juntunen (2016), s. 11.

<sup>395</sup> Tanu (2018), s. 238.

<sup>396</sup> Hughes (2018), s. 5; Valpolini (2018), s. 18.

<sup>397</sup> Esim. Hughes (2018), s. 9.

<sup>398</sup> Gotlowska (2018), s. 5–6; Jennings, Gareth: Raytheon, Rheinmetall press Germany to focus on full-spectrum ground-based air defence (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. Berliini 27.11.2018, s. 2.

<sup>399</sup> Gotlowska (2018), s. 5.

<sup>400</sup> Puranen et al. (2015), s. 39.

<sup>401</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 11.

<sup>402</sup> Fein (2016), s. 6; Hughes (2017), s. 1; Von Wyl (2016b), s. 12; Wasserbly & White (2018), s. 5.

tutkat pyrkivät osaltaan varmistamaan sitä, että sama järjestelmä kykenee vastaamaan eri kategorioiden uhkiin kaikissa olosuhteissa.<sup>403</sup> Niin sanottuja C-RAM-järjestelmiä (Counter Rocket, Artillery and Mortars) on modernissa ilmatorjunnassa kehitetty suojaamaan tukikohtia rakettien sekä tykistön ja kranaatinheittimien ammuksilta<sup>404</sup>. Käyttämällä samalla alueella eri teknologioihin perustuvia ratkaisuja, luodaan kerroksellisuutta, häirinnäsietoisuutta ja taistelunkestävyyttä, joilla kyetään vastaamaan kattavasti erityyppisiin uhkiin<sup>405</sup>.

Eräs esimerkki modernin ilmatorjunnan kokonaisvaltaisuudesta on Saksan asevoimien ”täyden spektrin ratkaisu” (full-spectrum concept), joka pyrkii yhdellä kokonaisratkaisulla vastaamaan sekä pieniin, matalilla korkeuksilla vaikuttaviin, että kaukovaikutteisiin, pitkää kantamaa edellyttäviin uhkiin. Ratkaisu merkitsee lukuisia erilaisia sensoreita, asejärjestelmiä ammusilmatorjunnasta erittäin pitkän kantaman ohjuksiin sekä modernia teknologiaa, kuten infrapunajärjestelmiä, C-RAM-järjestelmiä ja korkean energian laseraseita.<sup>406</sup> Sama periaate välittyy maajoukkojen ilmatorjuntajärjestelmistä, joissa samaan ajoneuvoalustaan on integroitu lukuisia suorituskykyjä. Sensori, ammus- ja ohjusjärjestelmien lisäksi mainitaan esimerkiksi moderneja lennokkien torjuntajärjestelmiä ja elektronisen sodankäynnin järjestelmiä<sup>407</sup>.

*Avoim arkkitehtuuri* on ydinaineiston perusteella modernille ilmatorjunnalle tyypillinen piirre. Vaikka kyse on teknisestä ilmiöstä, kuvastuu pyrkimys tehokkaaseen, rajapintoja ylittävään suorituskyvyn kehittämiseen. Avoim arkkitehtuuri mahdollistaa järjestelmien sijoittamisen eri alustoille ja kokonaisjärjestelmän rakentamisen eri järjestelmien muodostamista osakokonaisuuksista<sup>408</sup>. Avoimeen arkkitehtuuriin liitetään monissa artikkeleissa modulaarisuuden käsite<sup>409</sup>. Järjestelmän käyttäjälle halutaan tarjota mahdollisuus järjestelmiensä räätälöintiin, mikä voi tarkoittaa osajärjestelmien hankkimista miltä tahansa valmistajalta<sup>410</sup>. Avoimella arkkitehtuurilla pyritään takaamaan ennen kaikkea se, että myös tulevaisuudessa kehittyviä teknologioita voidaan liittää järjestelmiin niiden elinkaarien aikana<sup>411</sup>. Se merkinnee rajapinnan avaamista tavalla, joka mahdollistaa järjestelmän ulkopuolisen potentiaalın hyödyntämisen. Ydinaineistossa yksittäisiä esimerkkejä esiintyy myös siviiliteknologiaan perustuvien kaupallisten teknologioiden (COTS, Commercial Off-The-Shelf) hyväksikäytöstä<sup>412</sup>. Niihin perustuvien

<sup>403</sup> Ruotsalainen (2018), s. 15.

<sup>404</sup> Puranen et al. (2015), s. 27.

<sup>405</sup> Sama (2015), s. 27.

<sup>406</sup> Jennings (2018), s. 1–2.

<sup>407</sup> Wasserbly & White (2018), s. 6.

<sup>408</sup> Juntunen (2016), s. 12.

<sup>409</sup> Sama, s. 12; Hughes (2018), s. 4; Peruzzi (2015), s. 37; Tanu (2018), s. 236; Valpolini (2015), s. 18.

<sup>410</sup> Hughes (2017), s. 3; Peruzzi (2015), s. 35; Wasserbly & White (2018), s. 12.

<sup>411</sup> Hughes (2018), s. 4; Tanu (2018), s. 236.

<sup>412</sup> Hawkes (2018), s. 4; Juntunen (2016), s. 15; Leventopoulos (2018), s. 17; Rădulescu & Şandru (2016), s. 52.

komponenttien tai osajärjestelmien todetaan parantaneen paitsi olemassa olevien järjestelmien kustannustehokkuutta myös niiden suorituskykyä ja toimintavarmuutta. Niiden todetaan laajentaneen mahdollisuuksia myös uusille parannuksille ja kehittämiselle.<sup>413</sup>

Moderneissa ilmatorjuntajärjestelmissä voi nähdä piirteitä alustoista, joihin integroidaan monipuolisesti erilaisia kyvykkyyksiä. Alustat voivat merkitä yksittäistä ajoneuvoa tai laajoja verkottuneita alustoja. Niiden yhdistämien suorituskykyjen kokoamisessa pyritään aineiston valossa sekä tehokkuuteen että joustavuuteen. Hieman kärjistäen ilmiötä voi verrata jopa taskukokoisiin arjen äylaitteisiin, alustoihin, jotka yhdistävät lukemattomia toiminnallisuuksia. Laitteisiin on integroitu monipuolisesti myös fyysistä teknologiaa, puhelimen, navigaattorin ja tietokoneen lisäksi jopa lämpökameroita tai vastaavaa edistynyttä teknologiaa.

Ydinaineistossa viitataan kehitysnäkymään, jossa myös eri aselajit tai puolustushaarat voisivat hyödyntää samaan järjestelmään perustuvaa taistelunjohtokeskusta<sup>414</sup>. Järjestelmien kokonaisvaltaisuus voisi viitata myös joidenkin toimintojen yhteensulautumiseen. Aselajienkin, kuten tykistön ja ilmatorjunnan, yhdistymisestä esiintyy ydinaineistossa visioita<sup>415</sup>, jopa kyber- ja avaruussodankäynnin elementtien omaksumisesta ilmatorjuntaan<sup>416</sup>. Tarkasteltu teema edellyttää kuitenkin maltillista arviointia. Vaikka teknisessä rajapintojen häilymisessä on piirteitä vastaavasta kehityksestä kuin digitalisaation tai verkostopuolustuksen laajoissa toiminnallisissa ulottuvuuksissa, ydinaineiston valossa toimintatapojen ja organisoitumisen muutokset perustuisivat lähinnä teknisen kehityksen heijastumiin. Käsiteltyyn teemaan voi liittyä myös haasteita. Esimerkiksi riippuvuus lukemattomista toimijoista, kumppaneista tai teknologioista voi vaatia huolellista koordinaointia, jotta riittävä suorituskyky säilyy myös poikkeusoloissa.

## 5.2.6 Toimintatapojen uudistamisen tarve

*Sekä digitalisaatiossa että verkostopuolustuksessa korostuu uusien toimintatapojen merkitys.* Kehitystä ei rajoita teknologia, vaan vakiintuneet toimintatavat<sup>417</sup>. Myös verkostopuolustuksen kehittäjät ovat viitanneet samaan teemaan todetessaan konseptin merkitsevän teknisten ratkaisujen sijaan ennen kaikkea toimintatapaa<sup>418</sup>. Ydinaineiston käsittelemälle ilmatorjunnalle on tunnusomaista teknisyys, automaatio ja järjestelmien korostunut merkitys. Laajamittaisesti

<sup>413</sup> Hawkes (2018), s. 4.

<sup>414</sup> Esim. Hughes (2018), s. 9. Ilmatorjunnan taistelunjohtokeskuksen todetaan soveltuvan eri aselajien käyttöön.

<sup>415</sup> Wasserbly & White (2018), s. 9.

<sup>416</sup> Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>417</sup> Jugner (2015), s. 9.

<sup>418</sup> Hyttiäinen (2007), s. 30; Korkiamäki (2007), s. 15.

esiintyvänä teemana toimintatapojen muutosta on vaikea havaita, joskaan merkkejä ei esiinny myöskään siitä, että toimintatapojen kehittämisen tarve olisi poistumassa.

Ydinaineistossa yksittäiset artikkelit käsittelevät ilmatorjunnan tarvetta radikaaleihinkin muutoksiin. Aselajin todetaan painivan samojen oppien, periaatteiden ja järjestelmien kanssa kuin ennenkin, kun taas ilmakomponentti on ottamassa suuria harppauksia tulevaisuuteen. Huomio tulisi siirtää kartalle piirretyistä ympyröistä täysin uudenlaisiksi ajattelutavoiksi.<sup>419</sup> Puolustuksellisen osapuolen reaktiivinen asema todetaan ongelmalliseksi, erityisesti ilmavihollista vastaan. Hyökkääjällä on mahdollisuus kehittää myös vastatoimia puolustajan tiedossa olevia suorituskykyjä, kuten ohjuksia tai puolustuskäyttöön suunniteltuja häirintäjärjestelmiä vastaan. Koska puolustajan rooli on jo lähtökohtaisesti vaikea, tulisi pyrkiä suhteelliseen etuun hyökkääjään nähden. Erääksi ratkaisuksi todetaankin digitalisaation, tekoälyn ja robotiikan vallankumouksellinen muutosvoima ilmapuolustusjärjestelmän rakentamisessa.<sup>420</sup>

Ydinaineistossa silmiinpistävän moni toiminnan muutokseen viittaavista esimerkeistä sivuaa ilmauhan kehittymistä. Konkreettisimmat osoitukset aidosti uudenlaisista hyökkääjän toimintatavoista liittyvät miehittämättömien ilma-alusten käyttöperiaatteisiin. Kaupallisten lennokkien kustannustehokkuus, helppokäyttöisyys ja laaja saatavuus on mullistanut taistelukenttää. Ilmatorjunnalle niiden havaitseminen ja kustannustehokas torjuminen on vaikeaa, kun taas hyökkääjä voi saavuttaa niillä vaikutusta pelkästään ilmatorjuntaa kyllästäväällä.<sup>421</sup> Modernit lennokkijärjestelmät mahdollistavat toimintatapoja, kuten parveilua miehittyistä emoaluksista<sup>422</sup>. Ilmatorjunnan näkökulmasta kyse on uhkista, mutta toki kuvatun kaltaisissa toimintatavoissa voi olla potentiaalia myös puolustuksellisen suorituskyvyn rakentamiseen.

Ilmatorjunnassa toimintatapojen muutoksista esiintyy lähinnä yksittäisiä esimerkkejä. Jossain määrin toimintatapoja sivuavaa muutosta esiintyy ydinaineistossa ilmauhan kaukovaikutteisuu-den seurauksena. Koska kehittynyt ilmavihollinen kykenee laukaisemaan aseistuksensa kaukaa, jopa omasta ilmatilastaan, ilmatorjunnassa huomio on siirtynyt ilma-aluksista niiden laukaisemien ohjusten tai muiden ammusten torjuntaan<sup>423</sup>. Toiminnan muutosta liittyy myös miehittämättömien ilma-alusten torjuntaan. Ydinaineisto käsittelee niiden torjuntakeinoja pääosin teknisestä näkökulmasta, mutta myös tarvetta doktriinien, taktiikan tai menetelmien kehittämiseen

<sup>419</sup> Leventopoulos (2018), s. 5; Sama, s. 19.

<sup>420</sup> Kilpeläinen (2018), s. 23.

<sup>421</sup> Leventopoulos (2018), s. 11.

<sup>422</sup> Ruotsalainen (2018), s. 12–13.

<sup>423</sup> Sama, s. 13; Leventopoulos (2018), s. 19.

sivutaan<sup>424</sup>. Niihin liittyviä esimerkkejä on kuitenkin vaikea havaita. Ainoastaan häirintäteknologian, joka pakottaa lennokin palaamaan lähtöpisteeseensä, todetaan helpottavan lennokin haltuun ottamista ja lennätyspaikan paikantamista<sup>425</sup>. Vastakeinoihin liittyvä toiminnan uudistaminen perustuu lähtökohdiltaan reaktiivisuuteen – vastustajan toimintatapojen seurauksena.

Aidosti uusina ulottuvuuksina esitetään kybervaikuttamisen ja avaruuden hyödyntämistä osana ilmatorjuntaa. Kybersuorituskyvyillä voitaisiin paitsi puolustautua kyberuhkia vastaan, myös suorittaa hyökkäyksiä, sillä moderneihin hävittäjiin arvioidaan liittyvän haavoittuvuuksia kyberuhkia vastaan. Myös avaruusteknologian todetaan mahdollistavan uusia ratkaisuja, kun kehittyneet pienoissatelliitit ovat halpoja, käyttäjilleen räätälöitäviä ja useilla eri keinoilla laukaistavia.<sup>426</sup> Pienoissatelliiteilla ja miehittämättömillä ilma-aluksilla voitaisiin releoida viestiliikennettä kymmenillä vaihtoehtoisilla siirtoteillä, mikä tekisi niiden häirinnän miltei mahdottomaksi. Pienoissatelliiteilla voitaisiin vastata myös perinteisten satelliittien tuhoutumisen uhaan. GPS-häirintään vastaamiseksi mainitaan myös järjestelmät, jotka yhdistävät älykkäästi kaiken mahdollisen absoluuttisen ja suhteellisen paikkaan liittyvän informaation.<sup>427</sup>

Teknologian potentiaalin tehokas hyödyntäminen edellyttäneee tulevaisuudessakin inhimillisten toimijoiden aktiivista toimintatapojen uudistamista. Tarpeesta huolimatta ydinaineistossa korostuvat järjestelmien suorituskyky ja niiden suorittamat automatisoidut prosessit. Toki voidaan ajatella, että ydinaineistonkin perusteella teknologian potentiaali luo mahdollisuuksia toiminnan kehittämiseksi. Sodankäynnin näkökulmasta keskeistä on pohtia riittävästi toimintatapoja myös tilanteisiin, joissa järjestelmien toimintakyky rajoittuu tai jopa lamautuu.

### 5.3 Nousevat trendit

Alaluku kuvaa nousevia teemoja, jotka esiintyvät lähinnä viimeaikaisissa, digitalisaatioon liittyvissä lähteissä ja 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä ydinaineistossa. Luku vastaa alakysymykseen: *Mitkä teemat esiintyvät viimeaikaisissa digitalisaatiokäsityksissä ja 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä aineistossa, mutta eivät verkostopuolustuksen visioissa?* Vaikka trendianalyysissä teemat on luokiteltu nouseviksi, ei niitä tule tulkita täysin uusiksi ilmiöiksi. Trendianalyysissä niiden ilmeneminen painottuu kuitenkin vahvasti viimeaikaisiin lähteisiin.

<sup>424</sup> Fein (2016), s. 14; Juntunen (2016), s. 15; Widlund (2018), s. 12.

<sup>425</sup> Juntunen (2016), s. 15.

<sup>426</sup> Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>427</sup> Kilpeläinen (2018), s. 23.

### 5.3.1 Miehittämättömät järjestelmät, robotiikka ja autonomia

*Yksi toistuvimmista 2020-luvun ilmatorjuntaa sivuavista trendianalyysin teemoista liittyy miehittämättömiin järjestelmiin*<sup>428</sup>. Kyse on miltei poikkeuksetta miehittämättömistä ilma-aluksista. Ydinaineiston erityispiirteenä on se, että kyseinen teema näyttäytyy pääosin uhkana, jolta pyritään suojautumaan – ja jota ilmatorjunta pyrkii havaitsemaan ja tuhoamaan. Digitalisatiossa miehittämättömyys sivuaa erityisesti liikenteen kehitysnäkymiä<sup>429</sup>. Miehittämättömien ilma-alusten todetaan toimivan edelläkävijöinä muiden liikennemuotojen kehittämisessä. Myös tieliikenteeseen, merenkulkuun ja junaliikenteeseen miehittämättömyys on leviämässä.<sup>430</sup>

Miehittämättömästä ilmailusta käytetty terminologia on ydinaineistossa hajanaista. Perinteisimpänä terminä esiintyy miehittämätön ilma-alus (UAV, Unmanned Aerial Vehicle)<sup>431</sup>. Nou-sevana käsitteenä esiintyy myös drooni (drone)<sup>432</sup>, jolla pääsääntöisesti tarkoitetaan siviiliyh-teiskunnassakin käytettävää, usein pienikokoista ilma-alusta. Yleinen on myös käsite miehittä-mätön ilma-alusjärjestelmä (UAS, Unmanned Aerial System tai Unmanned Aircraft System)<sup>433</sup>. Siitä esiintyy myös muoto SUAS (Small UAS)<sup>434</sup>, joka kuvaa pienikokoisia järjestelmiä, usein drooneja. Suomenkielisissä sotilaslähteissä käytetään myös lennokin tai lennokkijärjestelmän käsitteitä, joita käytetään myös tässä tutkimuksessa, ellei asiayhteys toisin edellytä.

*Lennokkijärjestelmiä on kenen tahansa hankittavissa.* Niiden vuosittainen valmistusmäärä on yksinomaan Yhdysvalloissa kasvanut yli kymmeneen tuhanteen, kun vähentyneet valmistus-kustannukset ovat mahdollistaneet järjestelmien tehokkaan tuotannon. Sodankäynnin näkökul-masta kustannustehokkuus on kannustanut lennokkijärjestelmien hyödyntämiseen korkean ris-kitason operaatioissa.<sup>435</sup> Eräs esimerkki tällaisista operaatioista ovat ilmatorjunnan tuhoamis-tehtävät<sup>436</sup>. Yleisimmät ydinaineiston esimerkit lennokkijärjestelmien hyödyntämisestä liitty-vät tiedustelu-, valvonta- ja maalittamistehtäviin – myös viimeaikaisissa sodissa ja kriiseissä<sup>437</sup>.

<sup>428</sup> Ydinaineistossa esiintyy yli 100 miehittämättömyyttä sivuavaa mainintaa 19 eri artikkelissa.

<sup>429</sup> Esim. Schwab (2017), s. 15.

<sup>430</sup> Trafi (2016), s. 8.

<sup>431</sup> Voi tarkoittaa sekä tavanomaisia sotilaslennokkeja (ml. kauko-ohjatut lennokit) että erittäin pienikokoisia mi-nilennokkeja tai drooneja.

<sup>432</sup> Jää epäselväksi, käyttääkö osa artikkeleista droonin käsitettä myös tavanomaisista sotilaslennokeista. Muita virallisia suomenoksia sanalle ”drone” ovat robottilennokki ja robottikopteri. Ks. Kielitoimiston sanakirja, [<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/drone>], luettu 1.3.2019; Sanastokeskus, [<http://www.tsk.fi/tepa/fi/haku/drooni>], luettu 1.3.2019.

<sup>433</sup> Kuvaa kokonaisjärjestelmää, eli kaikkia lennättämisen edellyttämiä osajärjestelmiä ja teknologioita. Leventopoulos (2018) käyttää termiä myös kattokäsitteenä kaikille eri tyyppisille miehittämättömille ilma-aluksille.

<sup>434</sup> Fein (2016), s. 7.

<sup>435</sup> Leventopoulos (2018), s. 11.

<sup>436</sup> Sama, s. 11; Ruotsalainen (2018), s. 12.

<sup>437</sup> Ruotsalainen (2018), s. 11; Wasserbly & White (2018), s. 1.



Tulevaisuudessa lennokkijärjestelmien ajatellaan suorittavan myös viestiyhteyksien releoimistehtäviä<sup>438</sup> tai kuljetustehtäviä. Yksittäisenä esimerkkinä mainitaan pienten tiedustelu- ja häirintämoduulien kuljettaminen lennokkijärjestelmällä halutulle kohteelle<sup>439</sup>. Jo lähitulevaisuudessa lennokkijärjestelmissä todetaan hyödynnettävän aurinkopaneeleja, jotka takaavat riittävän käyttövoiman myös kestoaltaan pitkäaikaisissa tehtävissä<sup>440</sup>.

*Myös lennokkijärjestelmien käytöstä hyökkäyksellisiin tarkoituksiin esiintyy mainintoja<sup>441</sup>. Toistaiseksi niiden ajatellaan kykenevän lähinnä erityistehtäviin<sup>442</sup> tai suorituskykyjä täydentävään rooliin. Miehitämättömien järjestelmien kykyyn taistella ilmanhallinnasta suhtaudutaan toistaiseksi varautuneesti<sup>443</sup>. Visiona lennokkijärjestelmien roolista mainitaan niiden käyttö yhdessä modernin miehitetyn ilma-aluksen, kuten viidennen sukupolven hävittäjän kanssa. Lennokkijärjestelmiä voitaisiin varustaa täsmäaseilla ja käyttää hävittäjäohjaajan valitsemiin tehtäviin – esimerkiksi tehokkaiden ilmatorjuntajärjestelmien tai ilma-alusten tuhoamiseen.<sup>444</sup>*

*Digitalisaation kannalta merkitsevää on lennokkiteknologian edistyneisyys. Pientenkin lennokkijärjestelmien todetaan sisältävän sofistikoituneita tiedustelun, valvonnan ja maalittamisen suorituskykyjä sekä yhä enemmän myös hyökkäyksellisiä kyvykkyyksiä<sup>445</sup>. Myös pienikokoisten, kaupallisesti saatavilla olevien droonien todetaan olevan muunnettavissa kustannustehokkaasti hyökkäyksellisiksi alustoiksi, jotka muodostavat uutta epäsymmetristä uhkaa asevoimille. Ne tarjoavat operaatioihin laajan valikoiman keinoja, joita voi ottaa käyttöön jopa ilman harjoittelua.<sup>446</sup> Useita esimerkkejä mainitaan *parveilevien* lennokkien muodostamasta uhasta<sup>447</sup>. Kuitenkin vain yksittäisissä artikkeleissa mainitaan tulevaisuuden lennokkijärjestelmiin liittyvän automaatiota ja tekoälyä<sup>448</sup>. Vaikka ydinaineistossa aiheita käsitellään niukasti, lennokkijärjestelmät sivuavat miehitämättömyyden lisäksi robotiikkaa ja autonomisia piirteitä. Suomessa droonille vaihtoehtoisia käsitteitä ovatkin robottilennokki<sup>449</sup> ja robottikopteri<sup>450</sup>.*

<sup>438</sup> Kilpeläinen (2018), s. 23; Leventopoulos (2018), s. 11.

<sup>439</sup> Kilpeläinen (2018), s. 22.

<sup>440</sup> Leventopoulos (2018), s. 11.

<sup>441</sup> Williams (2016), s. 5; Wasserbly & White (2018), s. 7; Widlund (2018), s. 2.

<sup>442</sup> Puranen et al. (2015), s. 38.

<sup>443</sup> Grönroos & Herranen (2016), s. 11.

<sup>444</sup> Ruotsalainen (2018), s. 12. Artikkelin käsittelee 2030-luvun kehitysnäkymiä. Hävittäjänä mainitaan F-35.

<sup>445</sup> Williams (2016), s. 5.

<sup>446</sup> Fein (2016), s. 6–7.

<sup>447</sup> Kilpeläinen (2018), s. 19; Ruotsalainen (2018), s. 12; Wasserbly & White (2018), s. 7; Widlund (2018), s. 2.

<sup>448</sup> Ruotsalainen (2018), s. 12; Sama, s. 15.

<sup>449</sup> Kielitoimiston sanakirja, [<https://www.kielitoimiston-sanakirja.fi/drone>], luettu 12.3.2019.

<sup>450</sup> Sanastokeskus, [<http://www.tsk.fi/tepa/fi/haku/drooni>], luettu 12.3.2019.

Ydinaineiston teknologisesti edistynein esimerkki liittyy Yhdysvaltojen ilmavoimien vuonna 2016 toteuttamaan testiin, jossa 103 droonia<sup>451</sup> suoritti useita niin sanottuja *parveilutehtäviä*. Ne pudotettiin tehtäväänsä kolmesta monitoimihävittäjästä, joista ne lähtivät toteuttamaan ennalta ohjelmoituja tehtäviä niin sanottua *parviälyä* hyödyntämällä.<sup>452</sup> Parviällyn todetaan merkitsevän sitä, että parvelle ohjelmoidaan ainoastaan vaadittavat tehtävät, kun taas niiden toteutustavat määräytyvät parven kollektiivisen päätöksenteon perusteella. Parviällyn eduksi todetaan kyky sopeutua muuttuviin olosuhteisiin, kuten siihen, että osa parven jäsenistä tuhoutuu. Toiminnan ennustettavuuden takaavat etukäteen määritetyt tehtävät. Tulevaisuuden visioissa parvia ajatellaan hyödynnettävän tiedustelun, valvonnan ja tuhoamistehtävien lisäksi ilmatorjunnan kyllästämisessä, ei-kineettisessä vaikuttamisessa, kuten elektronisessa häirinnässä tai jopa risteilyohjusten kustannustehokkaina korvaajina.<sup>453</sup> Parveilun sovelluksia todetaan myös Kiinan kehittäneen jopa vuosien ajan. Samoin Venäjä on ilmoittanut soveltavansa tekoälyä esimerkiksi miehittämättömien järjestelmien maalin valinnassa ja väistöimenpiteissä.<sup>454</sup>

Merkittävä osa lennokkijärjestelmiin liittyvistä ydinaineiston maininnoista liittyy uusiin torjuntakeinoihin – tai pikemminkin niiden tarpeeseen. Eräs modernin ilmatorjunnan keskeinen osa-alue onkin niin sanottujen C-UAS<sup>455</sup>-suorituskykyjen kehittämisessä. Erityisesti pienten maalien havaitsemiskyvyn kehittäminen korostuu<sup>456</sup>. Havaittavuuteen liittyvät haasteet, joskin myös mahdollisuudet, sivuavat digitalisaation teemoja. Edistyneetkin tilannekuvajärjestelmät menettävät merkitystään, jos niillä ei kyetä muodostamaan maalitilannekuvaa moderneista uhkista. Sensorijärjestelmiä kehitetäänkin havaitsemaan pieniä, hitaita ja matalalla lentäviä lennokkijärjestelmiä, joita useimmilla olemassa olevilla tutkilla ei voi havaita<sup>457</sup>. Merkitsevää on digitaaliseen ja ohjelmistolliseen kehitykseen perustuva havaitsemiskyvyn parantuminen<sup>458</sup>.

Havaittavuuden ohella ydinaineistossa toistuva haaste liittyy tavanomaisten ilmatorjuntajärjestelmien kykyyn torjua lennokkijärjestelmiä riittävän kustannustehokkaasti<sup>459</sup>. Lennokkijärjestelmien torjuntakeinojen näkökulmasta esiintyykin tarvetta niin sanotuille vaihtoehtoisille teknologioille. Useimpien vaihtoehtoisten teknologioiden todetaan olevan vasta kehitysvaiheessa.

<sup>451</sup> Lähteen mukaan kyse oli Perdix-sähkölennokeista. Ks. [[https://en.wikipedia.org/wiki/Perdix\\_\(drone\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Perdix_(drone))].

<sup>452</sup> Ruotsalainen (2018), s. 12–13.

<sup>453</sup> Sama, s. 13.

<sup>454</sup> Kilpeläinen (2018), s. 18–19.

<sup>455</sup> Counter Unmanned Aerial System

<sup>456</sup> Fein (2016), s. 7; Leventopoulos (2018), s. 13; Puranen et al. (2015), s. 39; Wasserbly & White (2018), s. 4; Williams (2016), s. 9.

<sup>457</sup> Fein (2016), s. 7.

<sup>458</sup> Fein (2016), s. 5; Sama, s. 13; Hawkes (2018), s. 3; Wasserbly & White (2018), s. 4.

<sup>459</sup> Juntunen (2016), s. 11; Hawkes (2018), s. 8; Wasserbly & White (2018), s. 6.

Niistä ensimmäisiä arvioidaan otettavan käyttöön kenties 2020-luvun alkupuolella. Vaihtoehtoisten teknologioiden ei uskota sivuuttavan nykyisiä järjestelmiä. Oletettavasti niitä tullaan käyttämään nykyisten suorituskykyjen rinnalla.<sup>460</sup> Droonien onnistuneista torjunnoista tavanomaisilla ilmatorjuntaohjusjärjestelmillä esiintyy mainintoja<sup>461</sup>.

Vaihtoehtoisia teknologioista mainitaan laseraseet, joiden etuna on kustannustehokkuus – aseista ammuksset eivät voi loppua, mikäli sähköä on saatavilla<sup>462</sup>. Osa lähteistä käsittelee myös suunnattuun energiaan perustuvia aseita<sup>463</sup>. Häirintäteknologioilla voidaan myös pakottaa lennokki palaamaan lähtöpisteeseensä, mikä voi helpottaa sen haltuun ottamista ja lennätyspaikan sijainnin arvioimista<sup>464</sup>. Myös elektroninen vaikuttaminen nähdään yhtenä torjuntakeinona, jonka todetaan johtaneen onnistuneisiin lamauttamisoperaatioihin. Häirintään perustuu myös ydinaineiston mainitsema moderni venäläinen, automaatiota hyödyntävä C-UAS-järjestelmä.<sup>465</sup> Visioita esiintyy myös tehokkaista sensorijärjestelmistä, jotka kykenevät sekä havaitsemaan että lamauttamaan lennokkijärjestelmiä tuottamallaan säteilyllä<sup>466</sup>. Edistynyttä teknologiaa on lamauttavissa myös suuritehoiseen mikroaaltopulssiin perustuvilla aseilla<sup>467</sup>. Digitalisaation kannalta on merkitsevää, että kyseiseen teknologiaan perustuvat aseet voivat merkitä tulevaisuudessa uhkaa myös puolustajan edistyneille elektroniikka- ja datajärjestelmille<sup>468</sup>.

*Tutkimus merkinnee vain pintaraapaisua lennokkijärjestelmien lukuisista hyödyntämismahdollisuuksista ja käyttöperiaatteista.* Myös torjuntakeinoja tai niihin liittyviä haasteita on löydettävissä laajamittaisemmin ydinaineiston ulkopuolisista lähteistä<sup>469</sup>. Ydinaineistosta välittyä kuitenkin uuden uhkan synnyttämä aito kehittämistarve, mikä osin kertoo nousujohtaisen teeman ajankohtaisuudesta. Koska erityisesti vapaasti hankittavien kaupallisten järjestelmien kehitys ja leviäminen on nopeaa, voi sodankäynnin keinovalikoimaan siirtyä laajamittaisesti uusia

<sup>460</sup> Juntunen (2016), s. 16.

<sup>461</sup> Tanu (2018), s. 240. Lähteessä käytetään käsitettä drooni, joskaan varmuutta ei ole siitä, millaisista yksilöistä on ollut kysymys. Lähteen mukaan Israelin asevoimien Patriot-järjestelmällä torjuttiin sekä syyrialaisen drooni 27.4.2017 että Hizbollahin drooni 19.9.2017; Widlund (2018), s. 2. Lähteessä käytetään ilmausta ”small UAV”.

<sup>462</sup> Jennings (2018), s. 2; Juntunen (2016), s. 14–15; Leventopoulos (2018), s. 17; Puranen et al. (2015), s. 27; Wasserbly & White (2018), s. 6; Williams (2016), s. 6. Aikaisempi laseraseiden kehitys todetaan pääosin epäonnistuneeksi, mutta 2010-luvun nopea lasertekniikan kehitys on mahdollistamassa aikaisempaa huomattavasti tehokkaampia, ja riittävän nopeasti vaikuttavia laseraseita. Olosuhteet voivat kuitenkin rajoittaa aseiden käyttöä.

<sup>463</sup> Fein (2016), s. 7; Hughes (2018), s. 9; Ruotsalainen (2018), s. 14; Wasserbly & White (2018), s. 6; Ks. Kosola, Jyri & Tero Solante: *Digitaalinen taisteluketä, Informaatioajan sotakoneen tekniikka*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 1, Nro 35, Kolmas laitos, Helsinki 2013, s. 392. Kyse voi olla radioaajuisesta tai optisesta pulssista (voi perustua myös laseriin) tai suureen nopeuteen kiihdytetystä hiukkasista.

<sup>464</sup> Juntunen (2016), s. 15.

<sup>465</sup> Widlund (2018), s. 11–12. Automaatiota hyödyntävä järjestelmä tunnetaan nimellä ”Silok”.

<sup>466</sup> Leventopoulos (2018), s. 16–17.

<sup>467</sup> Juntunen (2016), s. 15; Leventopoulos (2018), s. 15.

<sup>468</sup> Ruotsalainen (2018), s. 13.

<sup>469</sup> Esim. Kosola, Jyri: Drone-uhka ja sen torjunta, *Sotilasajakauslehti*. Nro 1/2019, s. 68–74. Artikkelin mainitsee esimerkiksi verkkoja levittävien kuorma-ammusten, torjuntalennokkien ja hakeutuvien luotien käytön.

ilmiöitä. Matalien kustannusten lisäämä riskinotto-kyky voi merkitä puolustajan näkökulmasta lisääntyneitä suojautumisen haasteita. Kaupallisiin järjestelmiin liittyy tulevaisuudessa yhä enemmän myös muita digitalisaation teknologioita. Esimerkiksi edistyneeseen sensoritek-  
nologiaan, tekoälyyn ja hahmontunnistukseen liittyvät ominaisuudet voivat merkitä huomatta-  
vasti monipuolisempaa keinovalikoimaa kuin nyt analysoitu ydinaineisto osoittaa.

Ydinaineistossa miehittämättömien maajärjestelmien käsittely jää vähäiseksi ja robotiikan sekä autonomian käsittely pintapuoliseksi. Käsiteltyjen trendien voi kuitenkin tulkita heijastuvan myös maasodankäyntiin. Spekulatiivinen visio ydinaineistossa esiintyy täysin miehittämättö-  
mästä, automaattisesta ja tekoälyyn pohjautuvasta tulevaisuuden ilmatorjuntaohjusjärjestel-  
mästä, joka voitaisiin ryhmittää esimerkiksi laskuvarjopudotuksena, ja joka saattaisi itsensä tu-  
livalmiuteen erittäin nopeasti<sup>470</sup>. Järjestelmään voi tulkita liittyvän myös autonomisia piirteitä.  
Artikkelissa ei kuitenkaan käsitellä vision ajankohtaisuutta. Aikaisemmin käsitellyt esimerkit  
parviälyä hyödyntävistä lennokkijärjestelmistä antavat signaalin siitä, että robotiikan ja auto-  
nomian piirteitä ilmenee ainakin miehittämättömässä ilmailussa. Ydinaineiston valossa niiden-  
kin taustalla tulee kuitenkin toistaiseksi vaikuttamaan inhimillinen toimija.

### 5.3.2 Tekoälyn hyödyntäminen

Tuoreimmissa digitalisaation teemoissa tekoälyn merkitys on keskeinen. Ydinaineiston käsit-  
telemillä modernin ilmatorjunnan aihealueilla tekoälystä esiintyy mainintoja, joskin sen tar-  
kempi käsittely jää vähäiseksi. Toisaalta tekoäly on miehittämättömien järjestelmien ohella mil-  
tei ainoita digitalisaatioon kytkeytyviä ajankohtaisia ja voimakkaasti esillä olevia ilmiöitä,  
joista ydinaineistossa esiintyy suoria mainintoja. Se erottaa tekoälyn monista muista tutkimuk-  
sessa määritetyistä teemoista, joiden erottaminen on perustunut analyysiin ja tulkintaan.

*Ydinaineistossa tekoälyn käsittely liittyy pääosin yleiseen teknologiseen kehitykseen tai ilmaso-  
dankäyntiin.* Ilmasodankäynnin todetaan ottavan suuria harppauksia tietoteknisen kehityksen ja  
tekoälyn tarjoaman potentiaalin edesauttamana<sup>471</sup>. Modernissa ilmasodankäynnissä lukuisia tu-  
levaisuuden teknologioita on visioitu käytettävän samassa tekoälyn ohjaamassa dataverkossa.  
Lentokoneiden ohjaajia tekoäly tukisi suuria tietomääriä suodattamalla ja olennaisia asioita ko-  
rostamalla. Se mahdollistaisi uudennlaisia toimintatapoja, kuten miehitettyjen lentokoneiden tu-

<sup>470</sup> Leventopoulos (2018), s. 18–19.

<sup>471</sup> Sama, s. 5.

kemisen niihin yhteydessä olevilla lennokkijärjestelmillä. Tekoälyä sovellettaisiin myös lennokkijärjestelmissä.<sup>472</sup> Tekoälyn todetaan mullistavan myös ohjusteknologiaa. Sen avulla ohjus voi kyetä esimerkiksi välttämään havaitsemiaan uhkia, kuten ilmapuolustusta tai omasuojajärjestelmiä ja optimoida osumispisteensä kohteeseen saapuessaan. Myös laukaisun etäisyyden ja ajankohdan määrittämisessä tekoäly voi edesauttaa turvalliselta etäisyydeltä suoritettua toimintaa – vastustajan järjestelmien kantamien ulkopuolelta.<sup>473</sup>

*Ilmatorjuntaa ja tekoälyä* käsitellään lähinnä aiheeseen liittyvän potentiaalin näkökulmasta<sup>474</sup>. Tekoälyä liittyy myös aiemmin mainittuun spekulatiiviseen visioon tulevaisuuden ilmatorjuntajärjestelmästä<sup>475</sup>. Ydinaineiston ainoa todellinen osoitus ilmatorjuntaa sivuavasta tekoälyn soveltamisesta liittyy kehittyneeseen tutkateknologiaan. Tekoälyn ja koneoppimisen keinoin ollaan kehittämässä tutkien kykyä tunnistaa ilmamaaleja niiden liikehdinnän, ominaispiirteiden ja lentoradan perusteella. Tämä voi mahdollistaa eri koneiden kokojen, konetyyppien tai jopa tuoteperheiden erottelun tutkalla. Toisaalta samassa artikkelissa todetaan tekoälyä sovellettavan maasijoitteisia kohteita ilmasta havainnoivien SAR-tutkien käyttöön<sup>476</sup>, mikä osoittaa ilmatorjunnan näkökulmasta myös vastustajan hyötyvän samojen osa-alueiden kehityksestä.

On mahdollista, että myös maininnat *algoritmien käytöstä* sivuavat tekoälyn piirteitä. Verkostokeskeisenä<sup>477</sup> ratkaisuna esitellyn ilmatorjunnan taistelunjohtojärjestelmän todetaan hyödynnettävän monimutkaisia algoritmeja, jotka liittyvät maalien dynaamiseen arviointiin ja jakamiseen sekä kykyyn hallita siviili- ja sotilasilmailua samassa ympäristössä. Myös moderneimpiin tutkajärjestelmiin todetaan liittyvän kehittyneitä algoritmeja<sup>478</sup>. Tulkintaa algoritmien ja tekoälyn läheisestä suhteesta puoltaa esimerkiksi Valtioneuvoston (2018) tekoälyraportti, joka osoittaa algoritmien merkityksen keskeiseksi erityisesti koneoppimiseen liittyvissä prosesseissa<sup>479</sup>. Kun raportissa arvioidaan tekoälyn ja koneoppimisen viimeaikaisen nousun mahdollistajia, algoritmikehitys mainitaan yhtenä osa-alueena<sup>480</sup>. Vaikka ydinaineiston algoritmiviittaukset eivät tekoälyn määritelmiä täyttäisikään, tekoälyä voi siirtyä ilmatorjuntaan luontevanakin jatkumona.

<sup>472</sup> Ruotsalainen (2018), s. 12.

<sup>473</sup> Kilpeläinen (2018), s. 18–19.

<sup>474</sup> Sama, s. 23.

<sup>475</sup> Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>476</sup> Lappin, Yaakov: Elta Systems integrating AI with radars, seeking better image recognition (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Tel Aviv 8.11.2018, s. 1; Ks. Kosola & Solante (2013), s. 222. SAR-tutkaa (Synthetic Aperture Radar) käytetään sekä laajojen alueiden tiedusteluun ja yhtymän tilannekuvan muodostamiseen tukemiseen, että rynnäkkökoneiden ja taisteluhelikoptereiden maalialueen tilannekuvan muodostamiseen.

<sup>477</sup> Taistelunjohtojärjestelmä, jonka nimeksi on valittu Network-Centric Engagement Solution (NCES).

<sup>478</sup> Fein (2016), s. 10–12; Leventopoulos (2018), s. 17

<sup>479</sup> Ailisto et al. (2018), s. 14.

<sup>480</sup> Sama, s. 2. Algoritmikehityksen lisäksi mainitaan datamäärien kasvu ja laskentatehon, muistin, tiedonsiirtotekniikan sekä ohjelmistotyökalujen kehitys.

Ydinaineiston esimerkkien valossa on haastava muodostaa tulkintoja tekoälyn merkityksestä juuri ilmatorjunnassa. Tekoälyn soveltaminen sodankäyntiin on tulkittavissa kuitenkin todennäköiseksi. Tekoälyn voi ajatella sivuavan useita aikaisemmin käsiteltyjä teemoja. Se voi lisätä merkittävästi kykyä *tiedon ja erityisesti datan hyödyntämiseen* – myös sellaisilla osa-alueilla, joilla ihmisen tai aikaisempien teknologioiden kapasiteetti on ollut riittämätön. Tekoäly voi mullistaa ihmisen ja koneen välistä suhdetta lisäämällä merkittävästi *koneen vastuuta eri prosessien suorittamisessa* – esimerkiksi analyysityössä ja päätöksenteossa. *Verkottumiseen liittyvissä ilmiöissä* tekoäly voisi esimerkiksi tukea verkottuneiden suorituskykyjen ja jaetun tilannekuvan optimaalista hyväksikäyttöä. *Miehittämättömien järjestelmien* näkökulmasta tekoäly edesauttaa robotiikkaa ja autonomiaa sivuavien ilmiöiden etenemistä. Esimerkit osoittavat osaltaan tekoölyyn liittyvän laajaa potentiaalia sodankäynnin digitalisaatiossa.

### 5.3.3 Teknologisten laitteiden koon pienentyminen

Digitalisaatioon liittyvät lähteet käsittelevät *yhä kevyempien ja helpommin liikuteltavien älykätien järjestelmien* merkitystä – myös sodankäynnin näkökulmasta<sup>481</sup>. Arkielämässä sen osoittavat esimerkiksi älypuhelimet ja muut älylaitteet. Älylaitteet voivat voittaa laskentatehollaan ensimmäisiä supertietokoneiksi luokiteltuja laitteita, jotka ovat kokonsa puolesta täyttäneet kokonaisia huoneita. Koon pienentymisen lisäksi myös laitteiden hinnat ovat laskeneet merkittävästi.<sup>482</sup> Nyt saatavilla on jopa ihmiskehoon huomaamattomasti integroitavia älypuhelimien vastineita<sup>483</sup>. Vaikka ilmatorjunnalle tunnusomaisena säilynevät osin raskaatkin järjestelmät, signaaleja teknologian pienentymisestä esiintyy myös ydinaineistossa.

Selvin osoitus pienikokoisten järjestelmien vallankumouksesta liittyy jo aikaisemmin käsiteltyihin miehittämättömiin ilma-aluksiin. Se on johtanut pienuutta, miniatyyrisyyttä tai jopa mikrokokoisuutta kuvaaviin etuliitteisiin<sup>484</sup>. Ydinaineiston ulkopuolelta on löydettävissä runsaasti esimerkkejä taskuun tai kämmenelle mahtuvista järjestelmistä, jotka kykenevät välittämään kohteesta sekä livekuvaa että still-kuvia, myös pimeällä, ja joiden lennättäminen on mahdollista myös näköyhteyden ulkopuolella<sup>485</sup>. Kehitys merkinnee uhkien näkökulmasta monia haasteita, mutta koko puolustusjärjestelmän laajuudessa myös mahdollisuuksia.

<sup>481</sup> Esim. Schwab (2017), s. 86–87.

<sup>482</sup> Sama, s. 131.

<sup>483</sup> Sama, s. 121.

<sup>484</sup> Esim. Ruotsalainen (2018), s. 14. Mainitsee mini- ja mikro-UAV:t; Useissa lähteissä SUAS (small UAS).

<sup>485</sup> Esim. Fein, Geoff: FLIR Systems adds Black Hornet 3 to its PRS family of micro UAVs, *Jane's International Defence Review*. Yhdysvallat 8.6.2018.

Ydinaineistossa kaksi eri artikkelia mainitsee modernien pienikokoisten satelliittien hyödyntämismahdollisuuksista ilmapuolustuksessa ja ilmatorjunnassa. Matalalla kiertoradalla lentäviä pienoissatelliitteja voisi käyttää esimerkiksi tiedonsiirrossa – mahdollisesti yhdessä viestiliikennettä releoivien lennokkijärjestelmien kanssa. Tämä voisi mahdollistaa niin suuria määriä vaihtoehtoisia datan siirtoteitä, että viestiliikenteen häirintä olisi vaikeaa.<sup>486</sup> Pienoissatelliittien etuna olisivat niiden alhaiset kustannukset ja räätälöitävyys moniin eri tarkoituksiin, kuten edellä mainittuihin tiedonsiirtoratkaisuihin tai ennakkovaroituksen hankkimiseen ilmamaaleista. Niiden laukaisemiseen todetaan olevan useita eri vaihtoehtoja. Myös niiden havaitseminen tai tuhoaminen vaikeutuisi huomattavasti, kun tavanomaisien, jopa salaista tietoa käsittelevien satelliittien todetaan olevan paikannettavissa helpostikin internetin avulla.<sup>487</sup>

Teemaa sivuaa ydinaineistossa myös vastikään julkisuudessa esitelty matkalaukuissa liikuteltava taistelunjohtojärjestelmä, joka voidaan sijoittaa joustavasti miltei mihin tahansa paikkaan tai johtamistilaan. Tavanomaiset taistelunjohtokeskukset pitävät sisällään useita ajoneuvoja tai muita järjestelmiä, mikä vaikeuttaa niiden liikuteltavuutta. Kehitetty uusi ratkaisu voidaan pakata seitsemään matkalaukkuun, jotka mahtuvat helposti yhteen ajoneuvoon tai lentokoneeseen.<sup>488</sup> Myös useaan otteeseen mainittu, yksittäisen artikkelin visioima tulevaisuuden ilmatorjuntajärjestelmä perustuisi osittain helppoon liikuteltavuuteen. Se olisi artikkelin kuvaaman luonnoksen mukaan pudotettavissa laskuvarjoilla myös ilmasta ryhmitysalueelleen.<sup>489</sup>

Ydinaineiston valossa moderni ilmatorjunta vaikuttaa perustuvan jatkossakin osittain raskai-  
siinkin järjestelmiin. Niiden korostumiseen voi osaltaan vaikuttaa aselajille keskeinen ja tulevaisuudessakin ajankohtainen ballististen ohjusten uhka. Se vaatii suorituskykyisiä, satojen kilometrien etäisyydelle kantavia ohjuksentorjuntajärjestelmiä, joiden rakentaminen pelkkien kevyiden teknologioiden varaan lienee vaikeaa. Toisaalta ydinaineisto toteaa perinteisten lyhyen kantaman olkapääohjusten olevan viimeaikaisten sotakokemustenkin valossa keskeinen suorituskyky matalalla lentäviä järjestelmiä vastaan<sup>490</sup>. Niiden etuna onkin erityisesti liikuteltavuus vaikeassakin maastossa. Pienikokoisuutensa vuoksi ne myös maastoutuvat ampujineen huomattavasti tehokkaammin kuin raskaammat ilmatorjuntajärjestelmät. Ilmatorjunnassa helposti liikuteltavien teknologioiden hyödyntämiselle olisi tarve myös käsiteltyjä esimerkkejä laajemmin. Se mahdollistaisi myös taktisesti merkittävää keinovalikoiman laajentamista.

<sup>486</sup> Kilpeläinen (2018), s. 23.

<sup>487</sup> Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>488</sup> Hawkes (2018), s. 7–8.

<sup>489</sup> Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>490</sup> Wasserbly & White (2018), s. 2; Widlund (2018), s. 1; Williams (2016), s. 1.

## 5.4 Ydinaineiston ulkopuolisia havaintoja asevoimien digitalisaatiosta

Tutkimuksen aikana havaittiin myös muita lähteitä, jotka kuvasivat digitalisaation edistyksestäkin soveltamista asevoimien toiminnassa. Vaikka lähteet eivät soveltuneet ilmatorjuntaa käsittelevään ydinaineistoon, on osa niiden aihealueista sovellettavissa sodankäyntiin miltei aselajista riippumatta. Katsauksen mahdollisiin heikkoihinkin signaaleihin digitalisaation nousvista kehitysnäkymistä voi ajatella tukevan tutkimustehtävää. Alaluku vastaa kysymykseen: *Millaisia digitalisaation teemoja ilmenee tutkimuksessa havaituista asevoimia käsittelevistä lähteistä, jotka eivät sisälly ydinaineistoon?*

*Tarjolla olevien tietomäärien hyödyntäminen* on osa sodankäyntiä digitaalisella aikakaudella. Avoimeen lähdekoodiin pohjautuvien teknologioiden merkitys on keskeinen prosesseissa, jotka sivuavat myös sotilastoimintaa. Avoimeen dataan perustuvaa tietoa hyödyntämällä voidaan tuottaa merkittävää lisäarvoa komentajien tai muiden toimijoiden päätöksentekoon ja sen vaikuttavuuteen. Tekoälyä ja koneoppimista soveltamalla voidaan tehostaa päätöksentekoa miltei reaaliaikaisesti tukevaa tiedonhankintaa.<sup>491</sup> Digitaalisen tiedon ja internetissä esiintyvän big datan hyödyntämiseen liittyy myös uhkia, joista suurimmat liittyvät tiedon runsauteen ja nopeuteen. Tietomäärät ovat valtavia ja tiedon lisääntyminen nopeutuu jatkuvasti. Mikäli tietoa käytetään päätöksenteon tukena, tulisi myös sen taustasta ja luotettavuudesta varmistua.<sup>492</sup>

*Tekoäly ja koneoppiminen mullistavat tiedonhankintaa ja siihen liittyvää analytiikkaa.* Onnistuneesti sovellettuina ne voivat tukea merkittävästi päätöksentekijöitä informaatiotulvassa, jota on pidetty eräänä verkostopuolustuksen suurimmista haasteista<sup>493</sup>. Koneoppimisen ja analytiikan todetaan mahdollistavan merkityksellisten ilmiöiden tai mahdollisten uhkien analysoimisen esimerkiksi toimintaympäristön väestörakenteista. Teknologia mahdollistaa jopa yksittäisten henkilöiden tunnistamisen väkijoukosta.<sup>494</sup> Pienikokoisten sensoreita ja tekoälyä hyödyntävien teknologioiden arvioidaan olevan vahvoilla tulevaisuuden tiedustelussa, kun taas tietoteknisen kehityksen todetaan vaikeuttavan tavanomaista signaalitiedustelua. Digitalisaation myötä teknologian ja ihmisen suorittama tiedustelutoiminta fuusioituvat yhtenäisiksi tiedonkeruuproses-

<sup>491</sup> Torruella, Anika: Shades of grey: Open-source data blur the lines between geographic, ideological, and cyber targets (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. 7.7.2017, s. 1.

<sup>492</sup> Sama, s. 5.

<sup>493</sup> Esim. Lehmuslehti et al. (2009), s. 188–189.

<sup>494</sup> White, Andrew: Reality check: Applying AI across the battlespace (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 15.11.2018, s. 6.



seiksi. Teknologisen tiedonkeruun ylivaltaisuuden korostumisen ei tulisi kuitenkaan johtaa siihen, että aiheeseen liittyvät uhat ja haasteet jäävät huomiotta.<sup>495</sup>

*Tekoälyyn perustuvista päätöksentekoa tukevista työkaluista* on esimerkkejä merivoimien taistelunjohtajärjestelmissä. Tekoälyn ajatellaan palvelevan sekä operaattoreiden että taktikoiden päätöksentekoa. Sen todetaan parantavan päätöksenteon ajantasaisuutta, vähentävän operaattoreiden työmäärää ja pitävän yllä tilannetietoisuutta. Kehitystyö perustuu avoimiin järjestelmiin, joihin on nopeasti liitettävissä myös kolmansien osapuolien teknologiaa. Merisodankäynnissä tekoälyä ja koneoppimista on sovellettu myös ilmatilan valvontaan, kun siviili-ilmailun automatisoitu tunnistaminen on aiheuttanut operaattoreiden aikaa kuluttavia häiriötilanteita. Big dataan perustuvan tiedon avulla on kyetty todentamaan lentokoneiden todellista käyttäytymistä, joka voi sisältää poikkeamia määritettyihin lentokäytäviin verrattuna.<sup>496</sup>

*Lisättyä todellisuutta* sovelletaan taistelijoiden tilannetietoisuuden tukemiseen. Sitä integroidaan esimerkiksi taistelevien partioiden optisiin, sekä pimeällä että päivänvalossa käytettäviin järjestelmiin. Järjestelmät voivat tarjota taistelijoille kolmiulotteisia navigointityökaluja, avustaa maalittamisessa, hyödyntää ulkoista sensoridataa, käsitellä tilannetietoa tai visualisoida suoritettuja tehtäviä. Läpikatseltavia näyttöjä hyväksikäyttämällä on mahdollista visualisoida taistelulentäjille verkottuneiden taistelunjohtajärjestelmien tarjoamaa tilannekuvaa. Lisättyä todellisuutta hyödynnetään myös harjoitustoiminnassa. Samat järjestelmät hyödyntävät koneoppimista ja tekoälyä, joilla on mahdollista tukea päätöksentekoa ja tehtävien suunnittelua.<sup>497</sup>

*Autonomisia piirteitä* omaavia järjestelmiä todetaan olevan jo operatiivisessa käytössä. Ne edellyttävät kuitenkin ihmisen valvontaa ja toimivat yleensä autonomisesti vain tilanteissa, joissa ihmisen päätöksentekonopeus ei riitä. Esimerkiksi ilmatorjuntaakin sivuaviin kranaattien ja raketin torjuntajärjestelmiin todetaan liittyvän autonomisia piirteitä. Myös hyökkäyksellisiä järjestelmiä on jo olemassa, joista mainitaan esimerkkinä niin sanotut vaanivat järjestelmät tai ammuks<sup>498</sup>. Sodankäynnissä hyväksikäytetään väistämättä myös siviiliyhteiskunnan autono-

<sup>495</sup> Munks, Robert & Jessie J. Green: Fast forward: analysing changes to the intelligence landscape in the 2020s (pdf-versio), *Jane's Intelligence Review*. 28.11.2017, s. 1.

<sup>496</sup> Scott, Richard: BAE Systems looks to introduce AI decision support into naval combat systems (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*, Lontoo 4.1.2019, s. 1–2.

<sup>497</sup> White (2018), s. 2–4.

<sup>498</sup> Tarkoittaa esimerkiksi miehittämätöntä ilma-alusta, joka laukaistaan vihollisen todennäköisesti käyttämälle alueelle. Kohteen havaitessaan se hyökkää tätä kohti ja räjähtää siihen osuessaan. Ks. [[https://en.wikipedia.org/wiki/Loitering\\_munition](https://en.wikipedia.org/wiki/Loitering_munition)], luettu 14.3.2019.

mian ja sen sovellusten kehitystä, mistä esimerkkinä mainitaan kaupallisten tai itse valmistettujen lennokkien hyödyntäminen.<sup>499</sup> Autonomisiin järjestelmiin liittyy runsaasti eettisiä, oikeudellisia tai psykologisia kysymyksiä. Haasteena on, että eri valtioiden, myös suurvaltojen, näkemykset aiheesta poikkeavat toisistaan.<sup>500</sup> Kyseiset haasteet eivät kuitenkaan koske järjestelmiä, jotka torjuvat heitteitä tai miehittämättömiä järjestelmiä. Siksi ilmatorjunnan näkökulmasta autonomian otollinen hyödyntämiskohde olisikin perinteisten ilma-alusten torjunnan sijaan niiden laukaisemien ammusten sekä parveilevien lennokkien torjunnassa.<sup>501</sup>

*Esineiden internetiä* käsittelevissä sotilasalan lähteissä korostuu kybersodankäyntiin liittyvien aiheiden osuus, mutta merkittävästi esineiden internet voi parantaa suorituskykyä myös lääkin, huollon ja logistiikan, ympäristön monitoroinnin ja harjoitustoiminnan osa-alueilla. Esineiden internetin sotilaallinen soveltuvuus on korkea erityisesti niissä järjestelmissä, jotka perustuvat laajaan siviili-infrastruktuurin hyödyntämiseen. Haasteita liittyy lähinnä eri verkkojen heterogeenisyyteen ja turvallisuuteen. Vastustajalle voi tarjoutua esimerkiksi mahdollisuuksia tiedonhankintaan esineiden internetiä hyväksikäyttämällä. Arviot esineiden internetin sotilaskäytön ajankohtaisuudesta vaihtelevat muutamista vuosista 20 vuoteen.<sup>502</sup>

Kotimaiset esimerkit *arjen ratkaisujen* hyödyntämisestä sivuavat digitalisaatiota ja osin myös verkostopuolustusta. Arjen teknologiaa, kuten kaupallisia älylaitteita, hyödynnetään puolustusvoimien ja muiden viranomaisten sovelluksissa taktisten järjestelmien rinnalla. Tarvittaessa arjen ratkaisuilla voidaan myös itsessään toteuttaa vaatimusten mukaisia suorituskykyjä. Keskiössä ovat kaupalliset mobiiliverkot, niitä käyttävät päätelaitteet perussovelluksineen, sekä näiden muodostama ekosysteemi. Myös muita digitalisaation teknologioita, kuten virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta hyödynnetään.<sup>503</sup> Esimerkkejä mobiiliteknologian hyödyntämisestä esiintyy myös muissa asevoimissa<sup>504</sup>. Osittain kaupallisten järjestelmien hyödyntämisessä on jopa pitkäaikaisempaan jatkuvuuteen viittaavia piirteitä. Verkostopuolustukseen on liittynyt yhtenä avaintekijänä kotimaisen teknologiaosaamisen ja kaupallisen valmiin teknologian hyödyntäminen<sup>505</sup>. Myös modernissa ilmatorjunnassa sivutaan aihetta, mutta lähinnä yksittäisinä

<sup>499</sup> Rusila, Tuomo: Tuli, liike, suoja... Autonomia, *Ilmatorjunta*. Numero 4/2016, s. 29.

<sup>500</sup> Sama, s. 25–26.

<sup>501</sup> Sama, s. 30.

<sup>502</sup> Silfverskiöld, Stefan; Hans Liwång, Gunnar Hult, Åke Sivertun, Peter Bull, Johan Sigholm, Martin Lundmark, Carl von Gerber, Kent Andersson & Peter Sturesson: *Technology Forecast 2017 – Military Utility of Future Technologies*. A Report from Seminars at the Swedish Defence University's (SEDU) Military – Technology Division. Försvarshögskolan 2017, s. 15–16.

[<http://fhs.diva-portal.org/smash/get/diva2:1142391/FULLTEXT01.pdf>], luettu 14.3.2019.

<sup>503</sup> Puolustusvoimien tutkimusohjelma 2017, Projekti 3.1 (2018), s. 6.

<sup>504</sup> Esim. Pengelley, Rupert: USAF bucks the Android trend with its new DACAS system, *Jane's International Defence Review*. Lontoo 26.10.2015.

<sup>505</sup> Hyytiäinen (2018), s. 202.

komponentteina, joiden merkitys käyttäjälle näyttäytyy vähäisenä<sup>506</sup>. Siihen perustuu valinta, ettei kaupallisen teknologian hyödyntämistä ole tässä trendianalyysissä luokiteltu aikaisempiin, joko jatkuvuutta osoittaviin tai nouseviin, teemakokonaisuuksiin. Aihetta kuitenkin sivutaan luvussa 5.2.5.

Myös muita teemoja sivutaan ainakin lyhyesti eri lähteissä. Sodankäyntiin liittyviä mainintoja esiintyy esimerkiksi *3D-tulostuksen* hyödyntämisestä huollon toimitusketjuissa ja kunnossapidossa. *Päälle puettavia teknologioita* hyväksikäyttämällä voidaan tukea taistelijoiden toimintakykyä tai mahdollistaa tavanomaista raskaampien kuormien kantamista. Luonnollisesti myös *sosiaalista mediaa* voidaan käyttää sekä hyödyllisen informaation levittämiseen, että omalle toiminnalle haitallisiin tarkoituksiin.<sup>507</sup> Tiedustelun vallankumoukseen on liitetty jopa visioita eri turvallisuustoimijoille yhteisistä tiedustelun *ekosysteemeistä*. Tätä perustellaan parantuvalla herkkyydellä muuttuvassa toimintaympäristössä.<sup>508</sup>

## 5.5 Muita trendianalyysin havaintoja ja yhteenvetoa

Alaluku käsittelee muita, mahdollisesti merkityksellisiä havaintoja sekä teemoja, joiden pysyvyyttä tai nousujohteisuutta on vaikea tulkita tämän tutkimuksen valossa. Alaluvussa vastataan kysymykseen: *Mitä muita mahdollisesti merkityksellisiä seikkoja trendianalyysissä ilmenee, jää avoimeksi tai osoittautuu epäselväksi?*

*Verkostopuolustuksen ja viime vuosina käsiteltyjen digitalisaation teemojen keskinäiseen suhteeseen liittyy tutkimuksen kannalta kiinnostavia seikkoja. Luvussa 5.2 käsiteltyjen teemojen päähuomio keskittyi systemaattisesti analysoituun ydinaineistoon, mutta kyse oli myös verkostopuolustukselle ja digitalisaatiolle yhteisistä teemoista. Molemmille ilmiöille keskeisiä osa-alueita ovat tietoa sivuavat teemat, teknologian kasvava merkitys, verkottuminen, paikkasidonaisuuden väheneminen, organisaatioiden tai toimintojen välisten rajojen häilyminen sekä uusien toimintatapojen keskeinen merkitys. Johtopäätöksenä voi todeta, että verkostopuolustukseen ja digitalisaatioon liittyy varsin samankaltaisia tavoitteita, joiden tarkoituksena on hyödyntää voimakkaastikin kehittyvien ilmiöiden tarjoamia mahdollisuuksia. Tutkittujen ilmiöiden välisiä yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia havainnollistava taulukko on liitteessä 3.*

<sup>506</sup> Hawkes (2018), s. 4; Juntunen (2016), s. 15; Leventopoulos (2018), s. 17; Rădulescu & Şandru (2016), s. 52.

<sup>507</sup> Schwab (2017), s. 86–87.

<sup>508</sup> Redhead, Matthew: Changing environment forces agencies to adopt agile approach (pdf-versio), *Jane's Intelligence Review*. 27.12.2018, s. 1.

Verkostopuolustukseen ja digitalisaatioon liittyy myös muita yhteisiä piirteitä, jotka eivät ilmenneet modernia ilmatorjuntaa käsittelevästä ydinaineistosta. Verkostopuolustuksen kehittämisvaiheessa ajatukset tietovoimaloista<sup>509</sup> tai -varastoista<sup>510</sup> perustuivat tavoitteeseen, jossa hajautetuilta palvelimilta keskitetty tieto olisi kaikkien tarvitsijoidensa saatavilla. Suomessa sama teema on ajankohtainen esimerkiksi julkisen sektorin digitalisaation soveltamisessa, jossa käsitellään tietovarantojen hyödyntämistä. Osana Suomi.fi-verkkopalvelua on kehitetty palvelutietovarantoa tukemaan kansalaisia, yrityksiä ja viranomaisia<sup>511</sup>. Yhteisten tietovarantojen käytöstä esiintyy muitakin mainintoja<sup>512</sup>. Samaan ilmiöön liittyvät myös pilvipalvelut, jotka tarjoavat paitsi tallennustilaa, myös laskentakapasiteettia ja laajan skaalan erilaisia sovelluksia tai alustoja. Asiakkaalla on pääsy kyseisiin resursseihin verkon välityksellä.<sup>513</sup>

Verkostokeskeisessä sodankäynnissä on jo vuonna 2000 esitetty verkottumiseen liittyviä visioita, joissa on piirteitä esineiden internetin hyödyntämisperiaatteista. Verkottumisen on todettu esimerkiksi parantavan huollon ja logistiikan ennakointikykyä, mikäli taisteluajoneuvojen polttoaine- ja ammuskulutusta kyettäisiin seuraamaan reaaliajassa. Ilmavoimissa aihe on ollut ajankohtainen jo kirjoittamishetkellä, kun hävittäjiin asennetut sensorit ovat raportoineet datalinkin välityksellä polttoaineen ja aseistuksen kulutusta. Tämä tieto on hyödyttänyt ilmataistelun johtajia, jotka ovat voineet huomioida hävittäjien polttoainetilanteen ja aseistuksen taistelutehtäviä jakaessaan. Samoja tietoja ovat hyödyntäneet tukikohtien lentotekniset joukot.<sup>514</sup> Ilmiöihin liittyy muitakin yhteisiä käsitteitä, kuten arvoketjut tai arvon luomiseen liittyvät ilmaukset<sup>515</sup>. Jopa retoriikassa on yhteneväisyyksiä, kun informaatiota verrataan poltto- ja raaka-aineeseen<sup>516</sup>, dataa öljyyn<sup>517</sup> tai tekoälyä sähköön<sup>518</sup>. Syynä kielelliseen yhteneväisyyteen voivat osaltaan olla liiketoiminnasta kumpuavat ajattelutavat<sup>519</sup>.

*Selkeästi ajankohtaisuuttaan menettäneitä teemoja on tämän tutkimuksen näkökulmien valossa jopa vaikea hahmottaa. Joidenkin teemojen suora ilmeneminen on ollut vähäistä, mutta monien*

<sup>509</sup> Hyttiäinen (2018), s. 205.

<sup>510</sup> Karsikas (2007), s. 47.

<sup>511</sup> Valtionvarainministeriö (2018), s. 10.

<sup>512</sup> Esim. Valtiokonttori (2015), s. 43–44.

<sup>513</sup> Salo, Immo: *Big data ja pilvipalvelut*. Docendo, Jyväskylä 2014, s. 93.

<sup>514</sup> Alberts et al. (2000), s. 177.

<sup>515</sup> Alberts et al. (2000), s. 32; Gartner: *IT-glossary*; Juhanko et al. (2015), s. 18–19.

<sup>516</sup> Alberts et al. (2000), s. 18.

<sup>517</sup> Esim. Koiranen & Räsänen (2017), s. 463.

<sup>518</sup> Esim. [<https://www.tekoalyaika.fi/>], luettu 15.3.2019. Suora lainaus etusivulta: ”Suomen tekoalyaika on elinkeinoministeri Mika Lintilän toimeksiannosta laadittu toimenpideohjelma, jonka tavoitteena on viedä Suomi maailman johtavien maiden joukkoon tekoälyn soveltamisessa. Tavoitteena on myös tuoda tekoäly osaksi jokaisen suomalaisen arkea: tekoäly on uusi sähkö.”

<sup>519</sup> Ks. Rekkedal & Vego (2013), s. 192–193.

kohdalla syyksi on tulkittavissa pikemminkin käytössä olleen ydinaineiston luonne – ei niinkään kyseisten teemojen vanhanaikaisuus. Esimerkiksi verkostopuolustuksessa esiintyneet ajatukset kokonaisuunpuolustuksesta, moniviranomaisyhteistyöstä tai erilaisista kumppanuuksista lienevät ajankohtaisia yhä, vaikka ydinaineiston näkökulmat eivät olekaan ilmentäneet kyseisiä teemoja suorien asiayhteyksien välityksellä. Aihetta, ja sen digitalisaatiota, sivuavat edellisen luvun kotimaiset esimerkit arjen ratkaisuista. Myös taktisten ratkaisujen tai verkottumisen toiminnallisten ulottuvuuksien niukkuuteen lienee merkittävänä syynä ydinaineiston artikkelien luonne. Pääosin artikkelit käsittelevät seikkaperäisestikin ilmatorjunnan käyttämiä järjestelmiä, kun taas niiden hyödyntämismahdollisuuksiin syvennytään lähinnä yksittäisten operaattoreiden näkökulmista. Sama pätee puolustusyhteistyöhön liittyviin verkostopuolustuksen teemoihin, jotka ilmenevät pääosin teknisenä yhteentoimivuutena. Verkottuneiden toimintatapojen kuvaamista rajoittanevat myös taktisiin ratkaisuihin liittyvien tietojen luottamuksellisuus ja sotakokemuksiin perustuvien esimerkkien niukkuus.

Vaikka edellä todettiin tietovarantojen yhdistävän sekä verkostopuolustuksen että digitalisaation teemoja, jää epäselväksi, miksi aiheesta ilmenee niukasti ydinaineiston tai muiden sotilaslähteiden esimerkkejä. Eräänä syynä voi vaikuttaa ydinaineiston korostuva operaattorinäkökulma, joka sivuaa lähinnä reaaliaikaisen tilannekuvan kehittämistä. Mahdollista on sekin, ettei tietovarantojen soveltaminen ole jalkautunut asevoimien sisäisen tiedon käsittelyyn yhtä laajamittaisena kuin verkostopuolustuksen visiot antavat ymmärtää. Tietovarannot vaativat runsaasti kapasiteettia ja operaatioturvallisuuden vuoksi myös tukeutuminen siviiliyhteiskunnan infrastruktuuriin voi olla haaste. Tämä ei kuitenkaan poissulje sitä, että siviiliyhteiskunnan tietovarantoja tultaisiin hyödyntämään sodankäynnissä – esimerkiksi avoimeen dataan perustuvassa tiedonhankinnassa tekoälyn avustamana.

Haastavinta tutkimuksessa oli löytää ajankohtaisia esimerkkejä itsesynkronoinnista tai vastavista verkostopuolustuksen käsittelemistä organisoitumisen tavoista. Digitalisaation todetaan kylläkin rikkovan perinteisiä valtarakenteita tarjotessaan suuria määriä tietoa jokaisen saataville<sup>520</sup>. Myös alustojen ja ekosysteemien voima muokannee organisaatorakenteita ja niihin liittyviä ajattelutapoja. Esimerkiksi huippuunsa modernisoituneen ilmatorjuntaohjusjärjestelmän kohdalla voidaan päätyä tilanteeseen, jossa se johdettavana tuliyksikkönä kykenee muodostamaan reaaliaikaisesta tilanteesta, erityisesti ilmatoiminnan osalta, merkittävästi paremman tilannekuvan kuin yläjohtoportaansa. Tämä voi olla eräs ilmatorjunnan erityispiirre ainakin sel-

---

<sup>520</sup> Parviainen et al. (2017b), s. 6.

laisessa järjestelmien kehitysvaiheessa, jossa taktinen johtamiselin perustuu kehittymättömämpään teknologiaan kuin johdossaan olevat ase- ja taistelunjohtajärjestelmät.

Mikäli yläjohtoporras saa laadukkaan tilannekuvan tai kykenee monitoroimaan johdettavan tulyyksikkönsä tilannekuvaa, voi itsesynkronoinnin ja tehtävätaktiikan sijaan edellytyksiä muodostua pikemminkin mikrojohtamiselle. Usein yläjohtoportaan käsitys kokonaisoperaatiosta voikin olla johdettavaansa parempi. Kehitysnäkymät laajoista integroiduista ilmapuolustusjärjestelmistä<sup>521</sup>, joissa kaikki asevoimien sensorit ja aselavetit yli puolustushaararajojen on verkotettu keskenään, voivat merkitä hajautetun päätöksenteon sijaan voimakasta keskittämistä. Ainakin teoriassa tämä voi merkitä yksittäisen tulyyksikön päätösvallan vähenemistä, jos kokonaisoperaatio edellyttää tulyyksikölle kuuluvan sensorin tai aselavetin operoimista esimerkiksi valtakunnalliselta tasolta. Jossain määrin sama ristiriita ilmenee myös digitalisaatiossa, jossa esimerkiksi esineiden internetin välittömät hyödyt näyttäytyvät pikemminkin yrityksille kuin laitteiden käyttäjille – mikäli niiden kokonaishyötyä ei huomioida.

Ilmasodankäynnissä itsesynkronointia on sivuttu parveiluun perustuvan hävittäjätaktiikan muodossa<sup>522</sup>. Vaikka kyse on osin eri ilmiöstä, samoja piirteitä liittyy myös ydinaineiston käsittelemään lennokkien parveiluun, jossa tehtävien toteutusperiaate määrittyy lennokkien parviällyn perusteella<sup>523</sup>. Myös ydinaineistossa käsitelty minimoidun tilannekuvan kehitysnäkymä sivuaa teemaa, mutta käänteisestä näkökulmasta. Itsenäisempää päätöksentekoa ja tehtävätaktiikkaa voisi edellyttää tilanne, jossa tilannekuva minimoitaisiin, jotta sen välittyminen taattaisiin kaikissa olosuhteissa, myös kapealla siirtokaistalla<sup>524</sup>. Ajankohtaisia itsesynkronointia ja tehtävätaktiikkaa sivuavia näkökulmia käsittelee esimerkiksi Metsola (2018) teoksessa *Kyberajan viestitaktiikka*. Hän tuo ilmi aihealueeseen liittyvää potentiaalia, mutta esittää keskittien ratkaisua, jossa aihealueen näkökulmia hyödynnettäisiin toisiaan täydentäen.<sup>525</sup>

*Trendianalyysin yhteenvetona todetaan, että useimmat tunnistetuista teemoista sivuavat tavalla tai toisella digitalisaatiota.* Kuuden teeman on tulkittu välittyvän digitalisaation lisäksi myös verkostopuolustuksen visioista ja 2020-luvun ilmatorjunnasta, mikä viittaa niiden jatkuvuuteen

<sup>521</sup> Dorner et al. (2015), s. 70.

<sup>522</sup> Hyttiäinen (2018), s. 196–197.

<sup>523</sup> Ruotsalainen (2018), s. 12–13.

<sup>524</sup> Kilpeläinen (2018), s. 20.

<sup>525</sup> Metsola, Teemu: *Edestä ja tehtävätaktiikalla – myös johtamisjärjestelmälalla? Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018, s. 222–227. Ylitarkan, toimintavapautta rajoittavan suunnittelun vähentäminen parantaisi toiminnan oikea-aikaisuutta ja kykyä teknisten mahdollisuuksien maksimointiin. Henkilöstön tyytyväisyys ja resurssitietoisuus voisivat kasvaa, mikäli toimintavapautta ja yksilöiden vastuuta lisättäisiin. Toisaalta itseohjautuvuuden ja sisältövastuun lisääminen vaikeuttaisivat toimialan hallittavuutta ja johtaisivat myös virheratkaisuihin. Suunnittelun keveyden ja itseohjautuvuuden korostamisesta voisi tulla itsetarkoitus, jonka myötä nykyisestä toimintatavasta siirryttäisiin vastakkaiseen äärilaitaan ja uusiin ongelmiin.

ja laajuuteen. Kolmen teeman on tulkittu yhdistävän erityisesti digitalisaatiota ja 2020-luvun ilmatorjuntaa, jotka edustavat tutkimuksessa tuoreita lähdeaineistoja. Seikka huomioiden on tulkittu kyseisten teemojen viittaavan nouseviin aihealueisiin. Lisäksi havaittiin noin kymmenen asevoimien digitalisaatioon viittaavaa teemaa, jotka eivät kuitenkaan lukeutuneet ilmatorjuntaa käsittelevään ydinaineistoon. Lopuksi arvioitiin yksittäisiä käsittelemättömiä teemoja, joista osa tulkittiin mahdollisesti ajankohtaisiksi ja osa epäselviksi. Käsiteltyjen teemojen tiivistelmä ilmenee taulukosta 1. Trendianalyysin pohjalta muodostettuja johtopäätöksiä käsitellään seuraavassa luvussa (luku 6).

Taulukko 1: Trendianalyysin tiivistetty yhteenveto<sup>526</sup>

	TEEMA	Teemaa sivunneita asiakokonaisuuksia	
JATKUVUUTTA OSOITTAVAT TRENDIT	Tiedon hyödyntäminen	- Tilannekuva ja tilannetietoisuus - Informatiivisuus	- Heikkona signaalina myös minimoidun tilannekuvan kehitysnäkymä
	Teknologian kasvava asema	- Automaatio, prosessointikyky - Simultaanisuus ja taistelutempo	- Ohjelmistokehitys - Älykkäät piirteet ja algoritmit
	Tiedon ja toimintojen verkottuminen	- Jaettu tilannekuva eri tasoilla - Liitettävyyden (tarjoajat–tarvitsijat)	- Suorituskykyjen verkottuminen, synergia, taistelunkestävyys
	Paikkasidonnaisuuden väheneminen	- Etähallittavat järjestelmät - Verkottuneet hajautetut operaatiot	- Ulottuvuutta verkottumalla - Ulkosten ulottuvuus
	Rajapintojen häilyminen	- Yhteentoimivuus, integraatio, avoin arkkitehtuuri	- COTS-tekniikan hyödyntäminen - Toimintorajojen häilyminen
	Toimintatapojen uudistaminen	- Tarve uudistumiseen - Ilmasodankäynnin esimerkit	- Visioita esim. kyber- ja avaruusso- dankäynnin soveltamisesta
NOUSEVAT TRENDIT	Miehittämättömät järjestelmät, robotiikka ja automaatio	- UAS-tekniikan saatavuus ja matalat kustannukset - Korkean riskitason tehtävät - Tiedustelu, datan releointi - Pienten suorituskykyjen kuljetus	- Emoalusten tukeminen - Parveilevat lennokit, parviäly - Piirteitä autonomiasta ja robotiikasta - Torjuntakeinojen tarve - Yksittäiset maajärjestelmät
	Tekoäly	- Ilmasodankäynnissä esim. tilannetietoisuus, ohjustekniikka, UAS:t	- Tekoälyä tutkateknologiassa - Edistyneet algoritmit
	Teknologisten laitteiden koon pienentyminen	- UAS-tekniikka - Pienoissatelliitit	- Matkalaukuissa siirrettävät taistelunjohtokeskukset
ULKOPUOLISET	Ydinaineiston ulkopuolisia digitalisaation teemoja asevoimissa	- Avoin tieto ja big data - Koneoppiminen ja analytiikka - Päätöksentekoa tukeva tekoäly - Lisätty todellisuus - Esineiden internet	- Arjen ratkaisut / tekniikka - 3D-tulostaminen - Pääle puettavat tekniikat - Sosiaalinen media - Tiedustelun "ekosysteemit"
MUUT HAVAINNOT	Verkostopuolustuksen ja digitalisaation suhde	- Lukuisia yhteneväisyyksiä - Kaikki jatkuvuutta osoittavat teemat	- Tietovarannot, IoT, arvoketjut (erit. verkostokeskeinen sodankäynti)
	Avoimeksi jääneet teemat (verkostopuolustus)	- Kokonaisuutena puolustus ja viranomaisyhteistyö	- Teemojen vanhentuneisuus kuitenkin epätodennäköistä
	Tietovarantoihin liittyvät epävarmuustekijät	- Reaaliaikaisuuden korostuminen - Kapasiteettivaatimukset?	- Siviili-infrastruktuurin hyödyntäminen ei liene poissuljettua
	Itsesynkronointiin liittyvät epävarmuustekijät	- Päätösvalta voi sekä kasvaa että vähetä?	- Mikrojohtaminen? - Parveilu eräs esimerkki?

<sup>526</sup> Erityisesti jatkuvuutta osoittaviin ja nouseviin teemoihin liitetyt asiakokonaisuudet perustuvat taulukossa pääosin 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevään ydinaineistoon. Laajempi yhteenveto on liitteessä 4.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Luku vastaa tutkimuksen pääkysymykseen. Sitä tukeneisiin alakysymyksiin esitetään aluksi tiivistetyt vastaukset. Ensimmäisenä alakysymyksenä selvitettiin: *Mitä digitalisaatiolla tarkoitetaan?* Eri lähteitä mukaillen digitalisaation voi todeta tarkoittavan toimintatapojen uudistamista, jossa teknologisen kehityksen mahdollisuuksia hyödynnetään lisäarvoa tuottavien ratkaisujen muodossa<sup>527</sup>. Digitalisaation erityispiirteeksi voi tulkita ilmiöt, jotka kiihdyttävät voimakkaasti digitalisaation etenemistä. Päätelmää voi perustella muun muassa sillä, että teknologiset ratkaisut hyötyvät lisääntyvästä tiedosta, big datasta, mutta tuottavat sitä ympäristöstään jatkuvasti myös lisää. Lisäksi tekoälyn ja robotiikan oppimiskyvyn voi tulkita johtavan siihen, että teknologia nousee toimijaksi, joka osallistuu jopa itsensä kehittämiseen. Digitalisaation havaittiin merkitsevän myös uudenlaisia organisoitumisen tapoja, joissa lukuisat toimijat hyödynnävät yli organisaatorajojen ulottuvia digitaalisia alustoja. Digitalisaation voi ajatella poistavan myös monenlaisia rajoitteita ja tarjoavan runsaasti tietoa jokaisen saataville. Merkittävänä uhkina tunnistettiin esimerkiksi digitalisaation vaikutukset työllisyyteen ja turvallisuuteen.<sup>528</sup>

Tiivistettynä vastauksena toiseen alakysymykseen, *Mitä verkostopuolustuksella tarkoitetaan?*, todetaan verkostopuolustuksen merkitsevän suomalaista, etenkin vuosituhannen vaihteen alussa vallinnutta ajattelutapaa, jota sovellettiin laajasti eri puolustusjärjestelmän osa-alueiden kehittämiseen<sup>529</sup>. Verkostopuolustuksen visioista välittyy pyrkimys laaja-alaiseen verkottumiseen eri puolustushaarojen välillä, puolustusvoimien, viranomaisten ja koko yhteiskunnan välillä sekä eri maiden asevoimien välillä. Verkottumisen on ajateltu perustuvan sekä teknisiin yhteyksiin että toimintatapoihin. Keskeisenä periaatteena on vaikuttanut verkostokeskeisen so-dankäynnin teorian mukainen sensori-, vaikuttamis- ja päätöksentekoelementtien välinen verkottuminen, jonka on ajateltu parantavan tilannetietoisuutta, hajautettujen suorituskykyjen tehokasta käyttöä ja taistelunkestävyyttä sekä lisäävän taistelutempoa ja taisteluvoimaa<sup>530</sup>. Verkostopuolustukseen liittyviksi keskeisiksi ilmiöiksi lukeutuvat myös tietoon ja tilannetietoisuuteen liittyvät verkottumisen teemat ja visiot uudenlaisista organisoitumisen tavoista.<sup>531</sup>

Tiivistettynä vastauksena kolmanteen alakysymykseen, *Miten verkostopuolustuksen visiot ilmenevät 2020-luvun ilmatorjunnassa?*, todetaan moderniin ilmatorjuntaan liittyvän monia piir-

<sup>527</sup> Ks. Parviainen et al. (2017), s. 6; Valtiokonttori (2015), s. 11; Jugner (2015), s. 9; Kärki (2017), s. 84.

<sup>528</sup> Ensimmäiseen alakysymykseen vastataan kattavasti luvussa kaksi.

<sup>529</sup> Kaskeala (2005a).

<sup>530</sup> Esim. Alberts et al. (2000), s. 2; Sama, s. 91; Karsikas (2007), s. 34.

<sup>531</sup> Toiseen alakysymykseen vastataan kattavasti luvussa kolme.



teitä, jotka viestivät verkostopuolustuksen teemojen olevan yhä ajankohtaisia. Erityisen voimakkaana välittyy verkostokeskeisyys, joka todetaan jopa suoraan eräiden modernien ilmatorjuntajärjestelmien vahvuudeksi. Verkostokeskeisyyttä osoittaa myös se, että erityisesti monia ilmatorjuntaohjusjärjestelmiä käytetään parhaillaankin sensoreiksi, asejärjestelmiksi ja taistelunjohtokeskuksiksi hajautettuina verkkoina. Myös verkostopuolustukselle tunnusomaisen verkottumisen, yhteiskunnan ja sen eri toimijoiden kanssa, todetaan olevan yhä ajankohtainen, joskin ilmatorjunnassa vähemmän esiintyvä ulottuvuus. Modernin ilmatorjunnan tulkitaan soveltuvan tutkimuksessa rajatuksi esimerkiksi nykyaikaisesta verkostopuolustuksesta.<sup>532</sup>

Neljäs alakysymys rakennettiin tutkimuksen trendianalyysin tueksi ja käsitteli eri teemojen kehitysnäkymiä kolmen osin ajallisesti limittyvän ilmiön – verkostopuolustuksen, digitalisaation ja 2020-luvun ilmatorjunnan näkökulmista. Alakysymys jaettiin neljään osaan:

- a) *Mitkä teemat esiintyvät sekä verkostopuolustuksen visioissa, viimeaikaisissa digitalisaatiokäsityksissä että 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä aineistossa?*
- b) *Mitkä teemat esiintyvät viimeaikaisissa digitalisaatiokäsityksissä ja 2020-luvun ilmatorjuntaa käsittelevässä aineistossa, mutta eivät verkostopuolustuksen visioissa?*
- c) *Millaisia digitalisaation teemoja ilmenee tutkimuksessa havaituista asevoimia käsittelevistä lähteistä, jotka eivät sisälly ydinaineistoon?*
- d) *Mitä muita mahdollisesti merkityksellisiä seikkoja trendianalyysissä ilmenee, jää avoimeksi tai osoittautuu epäselväksi?*

Trendianalyysissä tunnistettiin *kuusi jatkuvuutta osoittavaa teemaa*, jotka ovat tiedon hyödyntäminen, teknologian kasvava asema, tiedon ja toimintojen verkottuminen, paikkasidonnaisuuden väheneminen, rajapintojen häilyminen ja toimintatapojen uudistamisen tarve. *Nouseviksi tulkittiin kolme teemaa*, jotka ovat miehittämättömät järjestelmät (sivuten myös robotiikkaa ja autonomiaa), tekoäly ja teknologian pienentyminen. *Kehitysnäkymiltään epäselviksi teemoiksi jäivät tietovarannot ja itsesynkronointi*. Lisäksi suoritettiin tiivis katsaus sellaisiin asevoimien digitalisaation teemoihin, joita ilmatorjuntaa käsittelevässä ydinaineistossa ei käsitelty, minkä tuloksena tunnistettiin noin kymmenen digitalisaation teemaa. Trendianalyysin lopussa käsiteltiin myös verkostopuolustuksen ja digitalisaation välisien suhteiden merkitystä. Teemoihin kytkeytyneitä trendianalyysin asiakokonaisuuksia on kuvattu luvun 5.5 taulukossa 1. Seuraavaksi käsiteltäviä trendianalyysin keskeisimpiä johtopäätöksiä tuetaan taulukolla 2.<sup>533</sup>

<sup>532</sup> Kysymystä käsitellään kattavasti luvussa neljä.

<sup>533</sup> Kysymyksiin 4a–d vastataan kattavasti luvuissa 5.2–5.5.

Taulukko 2: Tiivistelmä trendianalyysin herättämistä havainnoista<sup>534</sup>

	TEEMA	Havaintoja trendianalyysin esiin nostamista asiakokonaisuuksista
JATKUVUUTTA OSOITTAVAT TRENDIT	Tiedon hyödyntäminen	- Lisääntyvä informatiivisuus; Tilannetietoisuutta lisätystä todellisuudesta? - Vaihtoehtoisena kehitysnäkymänä tilannekuvan radikaali minimointi
	Teknologian kasvava asema	- Jatkumoa automaatiosta autonomiaan? - Teknologiasta tiedon käsittelykykyä (esim. tekoäly)?
	Tiedon ja toimintojen verkottuminen	- Tiedonkeruun ja verkottumisen laajentuminen esim. IoT:n periaattein? - Kyberulottuvuuden merkitystä ei voi ohittaa
	Paikkasidonnaisuuden väheneminen	- Voi poistaa taktisia rajoitteita, tarjota mahdollisuuksia tai muuttaa käsitystä taistelutilan ulottuvuuksista
	Rajapintojen häilyminen	- Aineiston valossa teknistä, mutta voi heijastua toimintatapoihin
	Toimintatapojen uudistaminen	- Teknologinen potentiaali hyödynnetään täysimääräisesti vain toimintatapoja uudistamalla
NOUSEVAT TRENDIT	Miehittämättömät järjestelmät, robotiikka/autonomia	- Trendianalyysissä vain pintaraapaisu UAS-aihealueesta - Järjestelmien älykkyydessä sekä uhkia että mahdollisuuksia
	Tekoäly	- Ei esiinny aineistossa laajamittaisesti, nousujohteisuudesta viitteitä - Voi merkitä mahdollisuuksia kaikkiin analysoituihin teemoihin
	Teknologisten laitteiden koon pienentyminen	- Liikuteltavuus, vaikea havaittavuus ja integroitavuus - Myös raskaiden järjestelmien keskeinen merkitys säilynee
ULKOPUOLISET	Ydinaineiston ulkopuolisen katsauksen teemoja asevoimissa	- Tuoreista digitalisaation ilmiöistä lukuisia asevoimien esimerkkejä lyhyelläkin katsauksella - Keskeisiä mm. avoimen tiedon tai big datan hyödyntäminen, tilannetietoisuutta kehittävä lisätty todellisuus ja arjen teknologian hyväksikäyttö
MUUT HAVAINNOT	Verkostopuolustuksen ja digitalisaation suhde	- Kahdella vuosikymmenellä pyrkimystä samankaltaisiin tavoitteisiin - Selkeästi ajankohtaisuuttaan menettäneitä teemoja vaikea osoittaa
	Avoimeksi jääneet teemat (verkostopuolustus)	- Ydinaineistossa esiintyvyys niukkaa, mutta digitalisaatio tarjonnee laajoja kehitysnäkymiä
	Tietovarantoihin liittyvät epävarmuustekijät	- Ydinaineisto ei takaa havainnon yleistettävyyttä, mutta kynnystä sotilaskäyttöön voivat nostaa kapasiteettivaatimukset tai operaatioturvallisuus
	Itsesynkronointiin liittyvät epävarmuustekijät	- Hierarkisuus vähentynee muodossa tai toisessa. Sodankäynnissä haasteena mikrojohtaminen? Voiko päätösvalta vähentyä integraatiossa?

Vastauksena sekä verkostopuolustuksen visioita, digitalisaatiota että 2020-luvun ilmatorjuntaa yhdistäviä teemoja selvittäneeseen alakysymykseen (4a) voidaan tiivistää erityisesti tietoa sivuavien teemojen osoittavan jatkuvuutta. Koska myös nousevissa ilmiöissä, kuten tekoälyssä tai mahdollisessa big datan hyödyntämisessä, tiedon merkitys on keskeinen, voi tietoa sivuaviin trendeihin liittyä myös nousujohteisuutta. Informaatiointensiiviseen kehityskulkuun voi kytkeytyä jopa virtuaalitodellisuutta sivuavia tilannetietoisuuden lisäämisen keinoja. Erityisesti sodankäynnissä tietokeskeisyyteen voivat kuitenkin vaikuttaa myös toisenlaiset trendit. Ydinaineistossa tämä ilmenee esimerkiksi visiona radikaalisti minimoiduista tilannekuvajärjestelmistä, joiden toimivuus olisi taattu myös häirityissä olosuhteissa. Myös paikkasidonnaisuuteen, rajapintojen häilymiseen ja toimintatapojen uudistamiseen liittyvät teemat osoittivat trendianalyysissä jatkuvuutta. Erityisesti niihin voi tulkita liittyvän tietokeskeisyyden sijaan toiminnallisia, esimerkiksi taktisia rajoitteita poistavia, ulottuvuuksia.

Vastauksena digitalisaatiota ja 2020-luvun ilmatorjuntaa yhdistäviä teemoja selvittäneeseen alakysymykseen (4b) voidaan tiivistetysti todeta, että erityisesti älykkäät lennokkijärjestelmät

<sup>534</sup> Lisää havaintoja liitteessä 5.

osoittavat miehittämättömien, osin robotiikkaa ja autonomiaa sivuavien järjestelmien liittyvän sodankäyntiin myös nykyhetkellä. Teemaa sivuavat myös muut nouseviksi määritetyt, tekoälyn sekä teknologian pienikokoisuuden teemat. Ne osoittavat järjestelmien kykenevän yhä älykkäämpiin tehtäviin – yhdistettynä vaikeaan havaittavuuteen ja keveytensä tarjoamaan monipuoliseen käytettävyyteen. Siviiliteknologian kehitys kiihdyttäneen teemojen mahdollistamaa sodankäynnin keinovalikoiman laajentamista. Sodankäynnissä jatkuvasti hyödynnettävät älykkäät lennokkijärjestelmät osoittavat, että siviiliteknologian voimakas kehitys edellyttää asevoimilta kykyä reagoida nopeastikin vastaaviin ilmiöihin. Kaikki nouseviksi tunnistetut teemat merkitsevät myös mahdollisuuksia. Erityisesti tekoälyyn liittyvät ilmiöt ovat tulkittavissa keskeiseksi sodankäynnin digitalisaation soveltamisalueeksi.

*Vastauksena muita asevoimien digitalisaation teemoja kartoittaneeseen alakysymykseen (4c)* voidaan tiivistää, että lukuisista siviiliyhteiskunnan digitalisaation ajankohtaisista ilmiöistä löytyy esimerkkejä myös asevoimiin sovellettuina. Aikaisemmin käsiteltyjen teemojen lisäksi keskeisinä voidaan mainita esimerkiksi avoimen tiedon tai big datan hyödyntäminen sekä edistyneen arjen teknologian, kuten mobiililaitteiden hyväksikäyttö. Erityisesti kyseisten teemojen voi tulkita olevan yleistettävissä verkostopuolustuksen nykyaikaisiin ilmenemismuotoihin.

*Vastauksena muita trendianalyysin teemoja selvittäneeseen alakysymykseen (4d)* tiivistetään verkostopuolustukseen ja digitalisaatioon liittyvän lukuisia yhteneväisiä teemoja. Verkostopuolustuksen kehittäjien voi tulkita pyrkineen osittain samoihin tavoitteisiin kuin digitalisaatiossa parhaillaankin pyritään. Yksittäisten teemojen suhde trendianalyysissä tutkittuihin ilmiöihin jäi kuitenkin epäselväksi. Tämän tutkimuksen perusteella voi tulkita, etteivät esimerkiksi tietovarantojen kaltaiset ratkaisut muodosta selvää trendiä ainakaan sodankäynnin taktisella tasolla. Siviiliyhteiskunnan digitalisaation kautta ne voivat kuitenkin sivuta tiedon hyväksikäyttöä sodankäynnissä. Myös verkostopuolustukseen liittyvän itsesyntetisyyden konkreettiset sovellukset jäävät epäselviksi ainakin modernin ilmatorjunnan näkökulmasta tarkasteltuna. Trendianalyysissä aihetta etäisesti sivuavat lähinnä esimerkit parveilusta.

Edellä kuvattujen tulosten valossa vastataan seuraavaksi tutkimuksen pääkysymykseen: *Mitkä ovat digitalisaation kehitysnäkymät verkostopuolustuksen visioiden ja modernin ilmatorjunnan näkökulmasta?* Tuloksia ja johtopäätöksiä tarkasteltaessa on huomioitava ne reunaehdot ja lähtökohdat, joihin muodostetut tulkinnat perustuvat. Pääkysymyksen kannalta keskeisen viitekehityksen muodostaa verkostopuolustus. Tutkimus on perustunut oletukseen, että verkostopuolustuksen teemoja ilmenee verkottuneista järjestelmistä ja toimintatavoista myös nykyhetkellä. Kyse on eri tasoille skaalautuvista verkottumisen tavoista, jotka voivat merkitä sekä teknisiä

että toiminnallisia ilmiöitä. Tässä tutkimuksessa yksityiskohtaiseen tarkasteluun on otettu ainoastaan 2020-luvun ilmatorjunta, joka edustaa vain rajattua osaa nykyaikaisesta verkostopuolustuksesta. Kolmannen alakysymyksen tulosten perusteella aselajisidonnaisten havaintojen voi tulkita kuitenkin tarjoavan verkostopuolustuksesta mahdollisesti yleistettävää tutkimustietoa.

Toinen huomionarvoinen seikka liittyy lähtökohtiin, joihin tulkitut kehitysnäkymät tutkimuksessa perustuvat. Vaikka tutkimuksen ydinkäsite, digitalisaatio, suuntautuu erityisesti tulevaisuuteen, suoritettu trendianalyysi on kohdistunut nykytiedon ja yksittäisten tulevaisuusvisioiden lisäksi menneisyyteen. Kyse on valinnasta, jossa tulevaisuusnäkyviä on tietoisesti suhteutettu aikaisemmin visioituun tai osittain jo tapahtuneeseen. Koska tulevaisuuteen liittyy väistämättä tekijöitä, joita ei ennalta tiedetä, tarttumapintaa tulevaan haetaan tutkimuksessa myös sellaisista kehityskuluista, joista tietoa on jo tarjolla. Tarkasteltu noin kahden vuosikymmenen mittainen aikajänne merkitsee yksinkertaista mallinnusta kehityslinjasta, jonka muodostama jatkumo tarjoaa näkökulmia tuoreiden ja osin tuntemattomien tulevaisuuden ilmiöiden tarkasteluun. Siksi tutkimuksen lähtökohtaa voi pitää jopa maltillisena. Lähestymistapa ei takaa varmaa ennustetta tulevasta, mutta tarjonnee osaltaan uusia näkökulmia sotatieteiden kentälle.

Yksityiskohtaisesti analysoitu ydinaineisto ei mainitse digitalisaatiota tai siihen liittyviä ajankohtaisia käsitteitä sellaisenaan kuin yksittäistapauksissa – joskin aineisto perustui yleisien trendien, ei yksinomaan digitalisaation tarkasteluun. Jää arvailujen varaan, olisiko vastaavaa havaintoa tehty, mikäli modernin ilmatorjunnan sijaan olisi tarkasteltu muita aselajeja tai toimialoja. Selkeinä digitalisaatioon kytkeytyvinä käsitteinä ydinaineistossa mainittiin miehittämättömät järjestelmät ja tekoäly. Jossain määrin sivuttiin myös robotiikkaa, autonomiaa, teknologisten laitteiden koon pienenemistä ja etäläsnäoloa. Toisaalta varsin pintapuolisellakin katsauksella ydinaineiston ulkopuolisiin lähteisiin tunnistettiin lukuisia digitalisaation nousevia teknologioita tai käsitteitä, joita sovelletaan jo nykyhetkellä eri maiden asevoimissa<sup>535</sup>. Esimerkiksi avoimen tiedon tai big datan hyödyntämisen voi tulkita tarjoavan nykyaikaiseen verkostopuolustukseen myös yleistettäviä ja aselajista riippumattomia soveltamismahdollisuuksia.

Pelkkä yksittäisten käsitteiden esiintyvyys ei merkinne koko totuutta digitalisaation nykytilasta, puhumattakaan sen tulevaisuusnäkyistä. Moni trendianalyysissä tunnistetuista teemoista viittaa kehityslinjoihin, joihin digitalisaation ilmiöitä voi kytkeytyä luonnollisenakin jatkumona. Tulkinnasta riippuen myös osa toteutuneesta kehityksestä voi täyttää digitalisaation tunnusmerkit. Osittain kyse on digitalisaation määrittelystä. Esimerkiksi teknologian yleinen leviäminen

---

<sup>535</sup> Mm. big data, koneoppiminen, analytiikka, lisätty todellisuus, esineiden internet ja arjen teknologia.

välittyy voimakkaana erityisesti modernista ilmatorjunnasta. Myös digitalisaatioon nykykäsitksissä liitettyä toiminnan muutosta voi tulkita välittyvän jopa vuosituhannen vaihteen verkostopuolustuksen ajatusmaailmasta. Tulkinnanvaraista lienee sekin, lukeutuvatko kaikki seuraavaksi esiteltävät kehitysnäkymät digitalisaatiokehitykseen. Jokaisesta trendianalyysin teemasta on kuitenkin osoitettavissa selviä yhteyksiä digitalisaatiosta muodostettuun teoriataustaan.

*Kun digitalisaation kehitysnäkymiä tarkastellaan trendianalyysin jatkuvuutta osoittaneiden teemojen valossa, erityisesti tiedon hyödyntämisen, keräämiseen ja jakamiseen liittyvä kehitys on tulkittavissa keskeiseksi. Vaikka yksityiskohtaisin analyysityö keskittyi rajattuun ilmatorjuntaa käsittelevään aineistoon, tieto- ja datakeskeisyyteen liittynee yleistettäviä trendejä. Päätelmää puoltaa se, että tiedon merkitys välittyi vahvana erityisesti aselajeista riippumattomien, verkostopuolustuksen ja digitalisaation, ilmiöiden näkökulmista. Tietoa hyödyntävän digitalisaation soveltamiseen voi olla edellytyksiä jo puolustusjärjestelmän nykytilassa. Samalla vaikuttaa ilmeiseltä, että myös sotilasverkkojen ulkopuolella jatkuvasti lisääntyvä big data voi tarjota sotilastoimintaan ja tiedonhankintaan merkittäviä mahdollisuuksia<sup>536</sup>.*

Myös tiedon hyödyntämistä tukevan teknologian, kuten analytiikan tai ohjelmistorobotiikan, hankkimisen ja käyttöönoton voi tulkita olevan joustavampaa ja kustannustehokkaampaa kuin vaikkapa moderneihin asejärjestelmiin liittyvissä teknologiahankkeissa. Kun aikaisemmin suurten tietomäärien haasteena on pidetty niiden aiheuttamaa informaatiotulvaa<sup>537</sup>, voi digitalisaatioon liittyvä teknologia helpottaa sekä tiedon jäsentelemistä että sen keruuta ja jakamista. Siksi jatkuvuutta osoittaneista teemoista myös teknologian kasvava asema voidaan tulkita sekä digitalisaation että verkostopuolustuksen kannalta keskeiseksi trendiksi. Tietokeskeisten osa-alueiden ohella trendi vaikuttanee myös toiminnallisella tasolla. Vaikka trendianalyysissä tarkastellun modernin ilmatorjunnan teknisyyden on voinut jopa ylikorostaa teknologian merkitystä, lienee ilmeistä, että tulevaisuuden taktikko tukeutuu tehtävissään yhä enemmän erilaisiin teknologioihin. Seikka voi edellyttää huomioimista kaikilla sotatieteen tutkimusaloilla.

Ydinaineistossa korostuneen, teknologiaan voimakkaasti tukeutuvan, operaattorityöskentelyn ulkopuolelle jää toki monia tehtäviä, toimintoja ja osa-alueita, joilla inhimillisen tekijän rooli on yhä keskeinen. Esimerkiksi taktista ajattelua, suunnittelua ja analysointia vaativien tehtävien tulevaisuusnäkökymistä oli vaikea muodostaa käsitystä, koska niitä sivuttiin ydinaineistossa niukasti. Toisaalta juuri kyseisillä osa-alueilla digitalisaatio voisi tarjota suhteellisesti merkittävää-

<sup>536</sup> Ks. Torruella (2017); Munks & Green (2017).

<sup>537</sup> Esim. Lehmuslehti et al. (2009), s. 178.

kin etua ja inhimillistä toimintaa aidosti tukevia ratkaisuja – esimerkiksi nykyhetkelläkin huipuunsa automatisoitujen asejärjestelmien operointiin verrattuna. Taistelulentän ”asiantuntijatyössä” eri toimialojen taktikot tai operaatikot voisivat hyödyntää digitalisaatiota sekä tehokkaampaan päätöksentekoon että verkottumiseen. Tämä ei edellyttäisi luopumista perinteisistä kartoista, muistiinpanovälineistä tai taisteluläheteistä. Digitalisaation hyödyntäminen edellyttäisi sen sijaan rohkeutta hyväksikäyttää työvälineitään aidosti lisäarvoa tuottaviin ratkaisuihin. Toiminnan digitalisaation periaatteita voisi soveltaa osin jopa olemassa olevilla teknologioilla – erityisesti, mikäli mahdollista on hyödyntää älykästä arjen teknologiaa.

Trendianalyysin ydinaineistossa korostui datasta prosessoidun tilannekuvan välittäminen operaattoreille yhä informatiivisemmassa ja intuitiivisemmassa muodossa, mihin liittyi järjestelmien käyttöliittymiin älyteknologiastakin heijastuneita vaikutteita<sup>538</sup>. Tutkimuksessa havaittiin informatiivisuuden kehittyneen jopa lisätyn todellisuuden soveltamiseen asevoimissa<sup>539</sup>. Siksi kasvavan informatiivisuuden merkitys vaikuttaa miltei vääjäämättömältä. Sodankäynnissä mahdollisia ovat kuitenkin myös vaihtoehtoiset kehityskulut. Trendianalyysissä tunnistettiin niin sanottuna heikkona signaalina myös se mahdollisuus, että kehittyvä tietojärjestelmien häirintä pakottaakin tinkimään radikaalisti tiedonsiirrosta ja näin ollen myös tulevaisuuden tilannekuvajärjestelmien informatiivisuudesta – jopa nykyistäkin enemmän<sup>540</sup>.

Nykyaikaisen verkostopuolustuksen digitalisaatiossa yleistettävänä voi pitää myös verkottumiseen ja paikkasidonnaisuuteen liittyneitä trendianalyysin teemoja. Erityisesti tiedon keräämisen ja jakamisen todettiin nivoutuvan kiinteästi verkottumiseen. Digitalisaatio voi kehittää sekä tiedon jalostamista tietämykseksi ja ymmärrykseksi että näiden jakamista yhteiseksi pääomaksi. Samalla verkottumisen ja sen tarjoamien mahdollisuuksien voi tulkita syvenevän, esimerkiksi älyteknologian soveltamisena, jopa uusille verkottumisen tasoille. Aihetta sivuaa siviilimaailmassa erityisesti esineiden internet, jonka todetaan merkitsevän jopa megatrendiä<sup>541</sup>. Verkottumisen syventyessä yhä useampia toimintoja hallitaan erilaisten etäyhteyksien takaa, mikä voi olla merkitsevää myös taktiikan tai operaatioiden toteutusmahdollisuuksien näkökulmasta. Johtaminen tai operointi etäyhteyden välityksellä vähentänee ihmisiin kohdistuvien taistelulentän ilmiöiden vaikutusta, mutta vaikuttanee samalla myös johtajuuteen. Tutkimuksen verkottumista käsittelevät esimerkit sivusivat miltei poikkeuksetta erilaisia verkkoyhteyksiä. Verkottumisen avainkysymyksiin lukeutunee myös se, mikä on erilaisten, kenties edistyneidenkin verkkojen

<sup>538</sup> Esim. Hawkes (2018), s. 6; Hughes (2018), s. 5; Scott (2015).

<sup>539</sup> White (2018), s. 2–4.

<sup>540</sup> Ks. Kilpeläinen (2018), s. 20.

<sup>541</sup> Schwab (2017), s. 18. Megatrendiksi määrittelyä perustellaan tarkemmin teoksen sivulla 14.

todellinen toimintakyky taistelukentän olosuhteissa – vikaantumisten, häiriötekijöiden ja myös tarkoituksellisen häirinnän vallitessa. Myös kyberulottuvuuden teemoja välittyi tutkittavasta aineistosta, vaikka ne oli rajattu aihepiirinä tutkimuksen ulkopuolelle. Jopa kybersodankäynnin kyvykkyyksien hyödyntämisestä osana ilmatorjuntaa esiintyi visioita<sup>542</sup>.

Organisaatioiden ja toimintojen välisten rajojen hälvenemiseen viittaava trendi jäi ydinaineistossa pääosin teknisten esimerkkien tasolle, mutta erityisesti verkostopuolustuksen ja digitalisaation valossa myöskään siihen liittyviä kehityskulkuja ei voi poissulkea. Ainakin järjestelmien kehittämisessä pyritään sisäänpäin sulkeutumisen sijaan avaamaan rajapintoja ulkopuoliselle potentiaalille ja kehitykselle<sup>543</sup>. Ajatus yhteisiä suorituskykyjä ja eri osapuolia yhdistävistä alustoista on kiehtova ja siviiliyhteiskunnan esimerkkien valossa myös menestystä mahdollistava. Ajatuksen jalkauttaminen sellaisenaan sodan kitkan, häiriötekijöiden ja myös tarkoituksellisten lamauttamispyrkimysten vaikutuspiiriin vaatii maltillisuutta – samoin kasvava keskinäisriippuvuus. Järjestelmien kehittämiseen nivoutuva trendi voi kuitenkin muovata tulevaisuudessa myös toimintatapoja, organisoitumista tai jopa aselajien olemassaolon tarkoitusta.

Sekä verkostopuolustuksessa että digitalisaatiossa esiintyy ajatuksia, joiden mukaan ilmiöissä on kyse pikemminkin toimintatavoista kuin tekniikasta. Periaatetta voi soveltaa myös taktiseen ajatteluun. Erityisesti rajallisilla resursseilla toimittaessa on oleellista se, kyetäänkö teknologiaa hyväksikäyttämään lisäarvoa tuottavien ratkaisujen tai toimintatapojen muodossa. Huonoimmassa vaihtoehdossa teknologia voi pikemminkin vaikeuttaa toimintaa. On hieman ristiriitaista, että tutkimuksen lähdeaineistossa uusien toimintatapojen tarve ilmaistaan, mutta siitä huolimatta aihealueen teknisyys on silmiinpistävä. Älykkään lennokkiteknologian sotilaskäyttö on eräs esimerkki uusien teknologian hyödyntämistapojen merkittävästikin seurauksista. On myös mahdollista, että sodankäynnissä toimintatapojen uudistamisen erityispiirteeksi muotoutuu vastakeinojen kehittäminen. Digitalisaation näkökulmasta se voi merkitä kilpajuoksua, joka ohjaa kehitystä – kenties jopa aidosti uusien toimintatapojen tai luovuuden kustannuksella.

*Nouseviksi tulkittuihin trendeihin*, kuten myös ydinaineiston ulkopuolelta havaittuihin teemoihin, voi tulkita liittyvän muita teemoja todennäköisemmin paitsi ennustamattomuutta myös epäjatkuvuutta tai yleisistä oletuksista poikkeavaa kehitystä. Kuten edistyneiden lennokkiteknologioiden sotilaskäytön laajamittaisuus on osoittanut, nousevat trendit edellyttävät kuitenkin herkkyyttä puolustusjärjestelmän suorituskyvyn rakentamiselta ja ylläpidolta. Nouseviksi tul-

<sup>542</sup> Ks. Leventopoulos (2018), s. 18.

<sup>543</sup> Ks. Hughes (2017), s. 3; Peruzzi (2015), s. 35; Tanu (2018), s. 236; Wasserbly & White (2018), s. 12.

kittuja ilmiötä voi kytkeytyä myös jatkuvuutta osoittaviin teemoihin. Jos nousevia ilmiötä suhteutetaan niitä pitkäaikaisempiin kehityslinjoihin, voi esimerkiksi tekoälyn todeta tarjoavan kiistatta mahdollisuuksia vaikkapa tiedon hyödyntämiseen, sen keräämiseen tai louhintaan mutta myös sen jakamiseen yhä älykkäämmiin menetelmiin.

Tutkimuksen valossa verkottuneiden suorituskykyjen joukkoon voi kytkeytyä tulevaisuudessa yhä enemmän älykkäitä järjestelmiä, jotka kykenevät itsenäisiin tehtäviin – ainakin ihmisen valvomina tai käskyttäminä. Verkostopuolustuksen näkökulmasta olisi merkitsevää, mikäli kyseiset järjestelmät lisäisivät myös viestiverkon solmujen määrää. Kehityskulku voisi muuttaa nykyisiin sotilasverkkoihin liittyviä olettamuksia. Mikäli miehittämättömiä järjestelmiä kyettäisiin verkottamaan kustannustehokkaasti, yhdistettynä pienikokoisuuden ja tekoälyn teemoihin, voisi myös puolustuksellisiin tarkoituksiin tarjoutua laajoja mahdollisuuksia. Samaan tapaan kuin ilmasodankäynnissä hyökkääjä voisi kyllästää ilmatorjuntaa lukemattomien älykkäiden lennokkien parvilla, kenties myös puolustaja voisi kiistää vaikkapa vastustajan häirintäjärjestelmien vaikutuksen, kun lukemattomat miehittämättömät, pienet ja älykkäät viestiverkon solmut tarjoaisivat huomattavan määrän vaihtoehtoisia siirtoteitä<sup>544</sup>. Tämänkaltaisten visioiden ajankohtaisuus jää arvailujen varaan, mutta kyse olisi skenaariorista, joka merkitsisi varsin erilaista viestitoiminnan todellisuutta kuin nykyisenä miehitettyjen viestiasemien aikakautena.

Tietoon ja teknologian asemaan liittyvien trendien keskeisyys yhdistettynä nouseviin teemoihin voisi merkitä paitsi teknologian lisääntyvää älykkyyttä kenties jopa tietoisuutta. Tällöin tulevaisuuden järjestelmät eivät jakaisi ainoastaan raakadataa tai tilannekuvaa, vaan myös omaa tilannetietoisuuttaan, mikä taas merkitsisi sitä, että kone nousisi yhä keskeisemmäksi taistelulentäen toimijaksi. Vaikka kehitys ei johtaisikaan vielä aikoihin sodankäynnin robotisaation laajaan leviämiseen, voi koneen kyky taktikoiden tai operaatikoiden työskentelyn tukemiseen olla huomioimisen arvoinen tekijä. Tämä voisi tarkoittaa vaikkapa aikaisempaa kehittyneempää kykyä taistelulentäen tapahtumien tai toimintavaihtoehtojen mallintamiseen ja arvioimiseen. Vaarana toki on, että teknologian älykkyys ja tietointensiivisyys johtaisi myös taktisen ajattelun köyhtymiseen. Ainakin toistaiseksi sodan kaoottinen luonne edellyttäne taktikoilta ja operaatioilta kykyä myös intuitiivisuuteen, luovuuteen, aktiivisuuteen ja aloitteellisuuteen.

*Ydinaineiston ulkopuoliset nousevat teemat* viestivät sodankäynnin digitalisaatioon kytkeytyvän keinovalikoiman kirjon laajenemisesta. Verkostopuolustuksen näkökulmasta merkittävänä näyttäytyvät esimerkiksi selvät osoitukset avoimen tiedon ja big datan hyödyntämisestä. Myös

---

<sup>544</sup> Ks. Kilpeläinen (2018), s. 23.



arjen teknologioiden ja ratkaisujen hyväksikäyttö voisi tarjota verkottumiseen ulottuvuuksia, joiden saavuttaminen pelkkiin sotilasjärjestelmiin tukeutumalla olisi vaikeaa. Digitalisaation eteneminen on osoittautunut voimakkaaksi kaupallisen teknologian, jopa viihde-elektroniikan, kehitymisessä. Miltei jokaisen kansalaisen omistamat älylaitteet tarjoavat lukemattomia palveluja ja integroivat taskukokoon myös useita eri teknologioita. Kaupallisten ratkaisujen liittämistä sellaisenaan osaksi sotilaallisia verkkoja pidetään vaikeana, mutta niiden tarjoama potentiaali on kiistaton. Massoittain valmistuvien lennokkijärjestelmien tarjoama, yhä laajeneva keinovalikoima osoittaa sen, kuinka sodankäyntiin voi siirtyä nopeastikin uusia ilmiöitä. Voidaan kysyä, onko niiltä puolustauduttaessa varaa jättää hyödyntämättä tarjolla olevaa, usein kustannustehokastakin suorituskykyä – ainakaan kokonaan.

*Muiden, kenties vaihtoehtoistenkin, kehitysnäkymien osuutta tutkimuksessa oli haastava arvioida. Vertailtuihin ilmiöihin liittyi toki väistämättä eroavaisuuksia, mutta ainakin painoarvoltaan merkittäviä seikkoja oli vaikea tunnistaa. Kiinnostavaksi todettiin, kuinka samankaltaisia tavoitteita sekä verkostopuolustus että digitalisaatio palvelevat. Teemat, kuten tietovarannot tai itsesyntronointi vaikuttivat ainakin ilmatorjunnan valossa epäselviltä. Tämänkaltaisten havaintojen yleistettävyyttä jäi tulkinnanvaraiseksi, mikä on huomioitava myös käänteisesti. On mahdollista, että osa ilmatorjunnan valossa selkeinä näyttäytyneistä trendeistä olisi jäänyt toisin toteutetussa tutkimuksessa epäselviksi. Myös tilannekuvaan liittyneen vaihtoehtoisen kehitysnäkymän kaltaisia heikkoja signaaleja voi todellisuudessa liittyä moniin muihinkin teemoihin.*

Tulevaisuuden verkostopuolustuksessa keskeistä on se, kyetäänkö teknologiaa hyödyntämään tavalla, joka takaa puolustusjärjestelmän suorituskyvyn myös vaillinaisesti toimivilla järjestelmillä. Erityisesti alivoimaisen osapuolen taktiikassa on houkuttelevaa, ja hedelmällistäkin, pohdita digitalisaation ja verkottumisen suorituskykyä lisääviä mahdollisuuksia. Erilaiset synergiaa tuovat ratkaisut lisännevät yksittäisen osapuolen suorituskykyä etenkin digitalisaation edetessä. Voi olla kuitenkin riskialtista rakentaa voimaansa liiaksi sellaisten suorituskykyjen varaan, jotka lisäävät riippuvuutta joko teknologiasta tai muista toimijoista. Seikka ei poista digitalisaation kiistattomia hyötyjä, mutta voi edellyttää sen huomioimista. Toimintatapoja korostava digitalisaation määritelmä voisi sodankäyntiin sovellettuna merkitä *lisäarvoa tuottavia toimintatapoja, joissa hyödynnetään teknologian ja verkottumisen potentiaali mutta mahdollistetaan keskeisten toimintojen jatkuminen myös järjestelmien lamaantuessa tai yhteyksien katketessa.*

## 7 POHDINTA

### 7.1 Yleistä

Tutkimuksen tarkoituksena oli hahmottaa digitalisaation kehitysnäkymiä verkostopuolustuksen visioiden ja modernien verkottuneiden järjestelmien näkökulmasta. Tutkimus oli perusluonteeltaan teoreettinen. Se perustui oletukseen siitä, että yksityiskohtaisen analyysin kohteena olleesta modernista ilmatorjunnasta välittyy rajatusti verkostopuolustuksen nykyaikaisia ilmenemismuotoja. Verkostopuolustuksen näkökulma merkitsi samalla tutkimusasetelmaa, jossa digitalisaation kehitysnäkymiä peilattiin nykykäsitysten ja tulevaisuusvisioiden lisäksi myös aikaisempaan kehitykseen ja vuosituhaten alussa esitettyihin verkostopuolustuksen visioihin. Vastaukset asetettuihin tutkimuskysymyksiin ovat luvussa kuusi.

Tutkimustuloksiin liittyvänä keskeisenä havaintona voidaan todeta digitalisaation ja verkostopuolustuksen sivuavan useita samankaltaisia teemoja. Havaintoa vahvistivat myös modernin ilmatorjunnan esimerkit. Havainnon valossa tähänastinenkin kehitys voi sivuta digitalisaatiota tai sellaisia teemoja, joihin edistyneimpiä digitalisaation ilmiöitä voi kytkeytyä tulevaisuudessa luontevanakin jatkumona. Aidoimmillaan digitalisaation uskotaan merkitsevän kuitenkin vallankumouksellisia, jopa ennen näkemättömiä ilmiöitä, jotka voivat mullistaa aikaisempia teollistumiseen perustuvia rakenteita ja toimintatapoja<sup>545</sup>. Sen vuoksi on arvioitava maltillisesti sitä, merkitseekö tapahtunut kehitys kaikissa tapauksissa aidosti digitalisaatiota. Tutkimuksen trendianalyyseissä tunnistettiin kuitenkin myös nousevia digitalisaation ilmiöitä – sekä eri maiden asevoimien kehittämiseen sovellettuna että innovatiivisena siviiliteknologian sotilaskäyttönä.

Digitalisaatio ei merkinne kuitenkaan yksinomaan uusia ilmiöitä. Esimerkiksi tutkimuksen käsittelemien tiedon hyödyntämiseen tai teknologian kasvavaan asemaan liittyvien teemojen esiintyvyys on ilmeistä myös vanhemmissa kuin vuosituhaten vaihteen jälkeisissä aikalaisilmiöissä. Digitalisaatio voi kuitenkin saattaa monia pitkäaikaisiakin teemoja uuteen valoon – esimerkiksi asiantuntijatyöhön kykenevien koneiden tai ohjelmistojen muodossa. Tutkimuksen valossa digitalisaatio syventää myös verkottumiseen liittyviä ilmiöitä poistaen rajoitteita ja tarjoten mahdollisuuksia uudenslaisiin toimintatapoihin. Samalla se tarjoaa monia, yhä älykkäämpiä, mutta samalla käytettävyydeltään tehokkaita työkaluja sodankäyntiin. Jopa siinä tapauksessa, että digitalisaation soveltaminen sotilasjärjestelmiin jäisi toistaiseksi vähäiselle tasolle,

---

<sup>545</sup> Ks. Kärki (2017), s. 84.

ilmiöt vaikuttanevat sodankäyntiin erilaisina heijastevaikutuksina. Tätä edistänee se, että kuluttajakäytössäkin on yhä älykkäämpää teknologiaa, jota tullaan yhä enemmän käyttämään osana tulevaisuuden sodankäynnin keinovalikoimaa. Sodankäyntiin liittyy kuitenkin erityispiirteitä, jotka voivat johtaa myös kehityksen arvaamattomiin muutoksiin.

Tutkimustuloksia vahvistavat tutkimuksessa ja sotatieteellisissä julkaisuissa esitetyt arviot. Aihealueeltaan tätä työtä sivuaa esimerkiksi Lehdon (2014) tutkimus ilmavoimien johtamisjärjestelmän tulevaisuuskuvasta, jossa digitalisaation käsitettä ei juuri esiinny, mutta moni teema sivuaa tätä tutkimusta. Selvästi nousevaksi teknologiaksi todetaan lennokkijärjestelmät ja niiden erittäin pienikokoiset sovellukset. Muita tuloksissa mainittuja osa-alueita ovat esimerkiksi tilannekuvaan ja verkostoitumiseen liittyvät teknologiat, nano- ja miniatyyriteknologiat, kaupallisen teknologian hyödyntäminen sekä erilaiset verkottumiseen perustuvat mahdollisesti kansainvälisetkin suorituskyvyt.<sup>546</sup> Päätelmää digitalisaation verkottumista syventävästä vaikutuksesta tukee myös se, että yksi Puolustusvoimien tutkimusagendaan (2015) valituista kuudesta keskeisestä tulevaisuuden ilmiöstä käsittelee verkostoitumista. Julkaisussa teknologisen kehityksen todetaan synnyttävän uusia verkostoitumisen tapoja erityisesti siviilimaailmassa, joskin samalla arvioidaan, ettei kaikkea voi soveltaa ainakaan sellaisenaan sotilaskäyttöön.<sup>547</sup>

Tuoreimpiin digitalisaatiota sivuaviin suomalaisiin sotilasalan julkaisuihin lukeutuu teos *Kyberajan viestitaktiikka* (2018), jossa esimerkiksi Kärkkäinen toteaa digitalisaation muokanneen taistelukenttää viimeisen kymmenen vuoden aikana. Toisaalta hän toteaa digitalisaation kasvattaneen sotilaallisten suorituskykyjen riippuvuutta sovelluksista ja tietoteknisistä laitteista<sup>548</sup>. Samassa teoksessa Kivimäki toteaa siviiliteknologian kehitysvauhdin pakottavan asevoimia pohtimaan suhtautumistaan teknologisiin innovaatioihin, joita ei ole alun perin suunniteltu sotilaskäyttöön. Niin sanotun teknologisen kaksoiskäytön hän toteaa merkitsevän jopa elinehtoa suorituskyvyn ylläpidolle.<sup>549</sup> Tekoälyn sovelluskohteena hän näkee esimerkiksi konenäön mahdollisuudet miehittämättömien järjestelmien havainnointikyvyn kehittämisessä<sup>550</sup>.

<sup>546</sup> Lehto (2014), s. 68.

<sup>547</sup> Puolustusvoimien tutkimusagenda (2015), s. 9–10. Julkaisun käsittelemillä kuudella ilmiöllä on arvioitu olevan keskeinen merkitys Puolustusvoimille 15 vuoden aikajänteellä. Verkostoitumiskehityksestä mainitaan muun muassa paikkasidonnaisuuden väheneminen, kattava tilannekuva, monipuolistuvat voimakäytön mahdollisuudet ja yhteiskäyttöiset järjestelmät, joita voidaan johtaa mistä tahansa johtokeskuksesta. Toiminnan todetaan muuttuvan yhä enemmän virtuaaliseksi, mikä tarkoittaa sitä, etteivät aseet ja sensorit ole aina näköpiirissä, ja johtaminenkin tapahtuu verkoston välityksellä.

<sup>548</sup> Kärkkäinen, Anssi: *Kyberpuolustuksen taistelukenttä nyt ja tulevaisuudessa*, *Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018, s. 72. Kirjoittaja käsittelee lisäksi mm. yhä pienempien taistelukentän elementtien välistä verkottumista (johon liittyy myös informaation tuottamista, prosessointia ja jakamista), etäyhteyksien hyödyntämistä, edistyneitä verkkoteknologioita, tekoälyä ja virtuaaliodellisuutta.

<sup>549</sup> Kivimäki, Veli-Pekka: *Tulevaisuuden toimintaympäristön kehitysnäkymiä – kybersotaa fyysisessä maailmassa*, *Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018, s. 63.

<sup>550</sup> Sama, s. 66.

Sodankäynnin digitalisaatioon liittyy monia tutkimusasetelman ulkopuolisia tai muita sotatieteiden tutkimusaloja sivuavia ulottuvuuksia. Moderneja järjestelmiä operoineet tai kouluttaneet ammattisotilaat lienevät tietoisia lukemattomista arkisistakin haasteista, häiriötekijöistä ja kitkan aiheuttajista, jotka vaikeuttavat teknologian hyväksikäyttöä. Suorituskykyjen teknisessä tarkastelussa jää usein huomiotta se, millaisia ponnistuksia järjestelmien siirrot, taistelutekniikka ja ylläpito edellyttävät. Esimerkiksi ilmatorjunnassa edistyneetkin tilannekuvajärjestelmät menettävät merkityksensä, mikäli sensoreiden ryhmittämistä, yksiköiden viestijärjestelyjä tai vaikkapa vaativaa erikoishuoltoa ei kyetä toteuttamaan onnistuneesti. Kyseiset realiteetit tunnistava ammattisotilas voi kokea tutkimuksen näkymät yliteoreettisina ja kaukaisina. Oma kysymyksensä on myös se, kuinka Puolustusvoimien kaltainen perinteinen ja hierarkkinen organisaatio kykenee soveltamaan digitalisaatiota. Yksilöiden asenteilla on muutoksen etenemisessä kiistaton merkitys. Selvää on kuitenkin myös se, että nuorimpien sukupolvien suhde digitalisaatioon on jo nykyhetkellä täysin toinen kuin kirjoittajalla tai vanhemmilla sukupolvilla.

Tutkimuksen ulkopuolelle jää myös kehityksen ajallinen arvioiminen. Verkostopuolustusta kehittänyt Hyytiäinen (2018) toteaa vuosituhanen alun visioita arvioidessaan, kuinka lyhyen ajan muutos tutkitusti arvioidaan yleensä todellista suuremmaksi, kun vastustekijät unohdetaan<sup>551</sup>. Verkostopuolustuksen visioihin liittyneestä keskustelusta on tulkittavissa myös epätietoisuutta ja kyynisyyttä, jota vuosituhanen ensimmäisellä vuosikymmenellä tulevaisuusvisiot ovat herättäneet. Toisaalta nykytiedon valossa kehitys on osoittanut monet epäilyt myös aiheettomiksi. Tässä tutkimuksessa sivutaan digitalisaation ilmiöitä, joita sodankäyntiin sovelletaan ainakin rajallisissa määrin jo nykypäivänä. Digitalisaatioon ajatellaan liittyvän toisaalta myös sellaisia vallankumouksena pidettyjä ilmiöitä, joiden kehityksen todelliseen suuntaan ja nopeuteen liittyy väistämättä myös tulkinnanvaraisuutta. Tämänkaltaiseksi ilmiöksi voi ajatella esimerkiksi robotisaatiota, jonka merkitystä on arvioitu jopa internetiäkin suuremmaksi<sup>552</sup>. Digitalisaatiokehityksestä välittyy vaikutelmaa nopeastakin kehityksestä, mutta tulevaisuus osoittaa, onko kyse ennakoitua maltillisemmasta vai jopa voimakkaammasta muutoksesta.

Vaikka verkostopuolustuksen teemat näyttäytyivät tutkimuksessa lähinnä teoreettisena kehityksenä, vaikuttaa siltä, että niihin liittyvät ajattelutavat ovat jossain määrin yhä ajankohtaisia. Ajattelutapojen todettiin levinneen vuosituhanen vaihteessa erityisesti läntiseen maailmaan, mutta nykytiedon valossa voidaan todeta vastaavien ajatusten vaikuttavan laajemminkin, kun esimerkiksi Venäjän asevoimien kehittämisessä verkostokeskeisyys on eräs ajankohtainen

<sup>551</sup> Hyytiäinen (2018), s. 208.

<sup>552</sup> Ks. Andersson (2017b), s. 777.

teema<sup>553</sup>. Tutkimuksen valossa verkkojen ja niihin kytkeytyvien laitteiden määrä kasvaa voimakkuudella, joka voi herättää pohtimaan lukuisia skenaarioita. Voi vain arvailla, mitä mahdolliset lukemattomat tulevaisuuden sotilas- ja siviiliverkot merkitsisivät digiajan kasvattamille tulevaisuuden taktikoille. Toisaalta sodankäynnissä spekuloida voisi myös vaihtoehtoisia kehityskulkuja, joissa suhtautuminen verkkoihin ja verkottumiseen muuttuisi radikaalisti tai jopa integraatioon ja synergiaa tarjoaviin ratkaisuihin alettaisiin suhtautua kielteisesti. Aihealueeseen liittyy digitalisaation tavoin kuitenkin kiistatta tutkimisen arvoista potentiaalia.

Tutkimus osoittaa havainnollisesti sen, miten eri aikakausiin kytkeytyviin ilmiöihin liittyy vaihtuvia käsitteitä. Esimerkiksi verkostopuolustuksen käsite on miltei poistunut, vaikka vielä viime vuosikymmenellä se on ollut laajasti esillä. Osin samoja ilmiöitä voidaan liittää nyt eri käsitteisiin, jopa digitalisaatioon. On mahdollista, että myös digitalisaation käsite tulee korvautumaan uusilla käsitteillä. Eri ilmiöt voivat kuitenkin pysyä ajankohtaisina, vaikka niihin liitetyt käsitteet vaihtuvat. Osa ilmiöistä kehittyy ja syvenee, toiset etenevät voimakkaasti ja nousujohteisesti, kun taas osa niistä tulee korvautumaan nousevilla ilmiöillä. Mahdollisia kehityskulkuja on lukuisia, niin maltilliseen kehitykseen perustuvia, ennustamattomia kuin yllättäviäkin. Samalla kehityksen todetaan edellyttävän rohkeaa uudistamista. Voidaankin kysyä, kuinka kyseisessä yhtälössä taataan uskottava puolustus. Kysymykseen ei tässä yhteydessä yritetäkään vastata, mutta suoritettua trendianalyysyä vastaavat tutkimusasetelmat sopinevat erääksi lähestymistavaksi vastauksen arvioimiseen. Kunkin arvioijan tulkittavaksi jää, suunnatako päähuomio jatkuvuutta osoittaviin trendeihin, kenties heikot signaalit tiedostaen ja ovet, tai rajapinnat, avoimina nouseville trendeille – vai lähestyäkö vastausta jollain vaihtoehtoisella tavalla?

## 7.2 Tutkimuksen luotettavuuden arviointia sekä jatkotutkimusaiheita

Etenkin tutkimuksen teoreettinen tausta perustui laajaan lähdeaineistoon. Pääosin taustakirjallisuudelta edellytettiin tieteellistä taustaa ja viittaustapaa, vaikka joukossa on myös ei-tieteellisiä lähteitä, kuten sotilasalan ammattilehtien artikkeleita. Teoreettisen viitekehyksen laajuus tiedostettiin, mutta siihen liittyi kiistatta myös haasteita, kun teoriataustan raportointi edellytti väistämättä pelkistämistä ja priorisoimista. Kaikkia digitalisaatioon ja verkostopuolustukseen liittyviä asiakokonaisuuksia oli vaikea sisällyttää tutkimusraporttiin ainakaan kattavasti. Etenkin digitalisaation teknologioita käsiteltiin ainoastaan yleisellä tasolla, niitä seikkaperäisesti erittelemättä. Lähteiden määrä itsessään lukeutuneen kuitenkin eduksi, joka mahdollisti tutkimuskysymyksiin vastaamisen ja edisti osaltaan myös havaintojen kylläisyyttä eli saturaatiota.

<sup>553</sup> Ks. Anttila et al. (2016), s. 144; Kilpeläinen (2018), s. 22.

Tutkimuksen toistettavuuden eli reliaabeliuden todetaan tarkoittavan sitä, että sattumanvaraisuuden sijaan samankaltaisiin tutkimustuloksiin päädyttäisiin myös eri tutkijoiden arvioimana<sup>554</sup>. Periaate ohjasi erityisesti tutkimuksen soveltavan vaiheen toteutusta. Mielivaltaisesti valikoitujen lähteiden sijaan koottiin aineisto, joka käsitteli nykyaikaista verkostopuolustusta ainoastaan modernin ilmatorjunnan näkökulmasta. Aineiston väljemmällä rajaamisella olisi mahdollisesti saavutettu kattavampia havaintoja digitalisaation tai verkostopuolustuksen teemoista, mutta samalla aineiston määrittelyminen yksiselitteisesti olisi kärsinyt ja tutkimuksen toistettavuus heikentynyt. Mahdolliseksi heikkoudeksi voi tulkita sen, että vaikka aineistotietokannat tarjosivat tulevaisuuden ilmatorjunnasta yksityiskohtaistakin tietoa, on mahdollista, etteivät kaikki kehitettävät osa-alueet käy aineistosta ilmi – esimerkiksi niihin liittyvän tiedon luottamuksellisuuden vuoksi. Toisaalta osa moderniin ilmatorjuntaan liitetyistä seikoista voi perustua myös sellaisiin uskomuksiin tai lupauksiin, jotka eivät vastaa todellista suorituskykyä.

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden kannalta keskeistä on myös se, että tutkimuksen toteutustapa kuvataan tarkasti<sup>555</sup>. Koska tutkimukseen ei sisällynyt konkreettista kenttätyöskentelyä, oli prosessin kuvaaminen myös haaste. Painopiste muodostui trendianalyysin kuvaamiseen ja raportointiin. Trendianalyysin luotettavuuteen vaikuttaa se, että tutkimus käsittelee varsin lyhyttä tarkastelujaksoa sekä ainoastaan yksittäisiä aikalaisilmiöitä. Tulosten yleistettävyyteen vaikuttaa väistämättä myös se, että ydinaineiston tarkastelutaso oli operatiivinen, taktinen ja osin jopa taistelutekninen, kun taas verkostopuolustus sivuaa osin laajoja ulottuvuuksia. Edellä käsitelty lyhyt katsaus sotatieteellisiin tutkimuksiin tai julkaisuihin viittaa tulosten vastaavan ainakin pääosiltaan viimeaikaisia arvioita, mutta aiheen tutkiminen vaihtoehtoisista näkökulmista, kenties kattavamman trendianalyysin muodossa, lisäisi aihealueen tutkimustietoa.

Tutkimuksen aihealue tarjoaa lukuisia mahdollisuuksia jatkotutkimukselle. Tämän tutkimuksen kannalta keskeiseksi voi arvioida esimerkiksi kysymyksen, kuinka yhteiskunnan digitalisaatio vaikuttaa erilaisina heijastevaikutuksina sodankäyntiin ja sen toimintaympäristöihin. Ennen tutkimustehtävän lopullista määrittelyä pohdittiin mahdollisena tutkimuskysymyksenä myös sitä, miten digitalisaatio vaikuttaa puolustusjärjestelmän riippuvuuteen muista toimijoista. Verkostopuolustuksen ajankohtaisuutta voisi tutkia myös muiden aselajien kuin ilmatorjunnan näkökulmasta. Erityisen kiinnostavia kaikilla aihealueilla olisivat tulevaisuuden kehitysnäkymien vaikutukset taktiseen ajatteluun ja siihen kohdistuviin vaatimuksiin.

<sup>554</sup> Hirsjärvi, Remes & Sajavaara (2016), s. 231.

<sup>555</sup> Sama, s. 232.

## LÄHTEET

### 1 JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET

#### 1.1 Puolustusvoimien asiakirjat

Puolustusvoimien tutkimusohjelma 2017: *Verkostoituminen arjen ratkaisuilla*, Hanke 3, Projekti 3.1, Tutkimussuunnitelma 2018.

Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien digitalisaatiokonsepti*. AM19514/27.12.2016.

Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien digitalisaatiostrategia*. AO10320/28.2.2019

Pääesikunnan asiakirja: *Puolustusvoimien johtamisen tuen konsepti 2030*. AM256/3.2.2016.

#### 1.2 Opinnäytetyöt

Koivula, Niko: *Paikallispuolustuksen johtamisratkaisun kehittäminen ja toiminta verkostoissa*. Yleisesikuntaupseerin 58 diplomityö, Maanpuolustuskorkeakoulu 2017.

Kärkkäinen, Anssi: *Kognitiiviset tietoliikenneverkot verkostopuolustuksessa*. Esiupseerikurssin 63 tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu 2011.

#### 1.3 Ohjesäännöt ja oppaat

*Kenttäohjesääntö 2008*, Yleinen osa. Edita Prima Oy, Helsinki 2007.

Pääesikunta: *Sotilaan käsikirja 2019*. Juvenes Print Oy, 2018.

#### 1.4 Muut julkaisemattomat lähteet

Kaskeala, Juhani: *The Finnish RoadMap to Network Enabled Defence*, esitys Royal United Services Institute (RUSI) konferenssissa, Managing the Juggernaut, the RUSI Malvern C4ISTAR Conference 2005, 21.9.2005a.

Kaskeala, Juhani: *"Informaatio­sota ja maanpuolustustahto – haasteita Suomen puolustusjärjestelmälle"*, Puolustusvoimain komentajan, amiraali Juhani Kaskealan puheenvuoro MTS:n 30-vuotisjuhlaseminaarissa 31.5.2006, [<http://www.eilen.fi/fi/1857/>], luettu 9.2.2018.

Kaskeala, Juhani: *Puolustusvoimat on yhteiskunnan turvallisuusreservi*, Puolustusvoimain komentajan puhe 174. maanpuolustuskurssin avajaisissa 19.9.2005b, [<http://www.eilen.fi/fi/1769/>] luettu 9.2.2018.

Viinikainen, Timo: *Digitalisaatio Puolustusvoimissa*, esitys Puolustusvoimien Digi-seminaarissa 8.11.2017.

## 2 JULKAISTUT LÄHTEET

### 2.1 Kirjallisuus

Ailisto, Heikki (toim.); Martti Mäntylä (toim.), Timo Seppälä (toim.), Jari Collin, Marco Halen, Jari Juhanko, Marko Jurvansuu, Raija Koivisto, Helena Kortelainen, Magnus Simons, Anu Tuominen & Teuvo Uusitalo: *Suomi – Teollisen Internetin Piilaakso*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 4/2015.

Ailisto, Heikki (toim.); Eetu Heikkilä, Heli Helaakoski, Anssi Neuvonen, Timo Seppälä: *Tekö­älyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2018.

Alasuutari, Pertti: *Laadullinen tutkimus*. Vastapaino, Tampere 1994

Alberts, David. S.; John J. Gartska & Frederick P. Stein: *Network Centric Warfare: Developing and Leveaging Information Superiority*. 2nd Edition (Revised), CCRP publication series, USA 2000.

Alberts, David. S.; John J. Gartska, Richard E. Hayes & David A. Signori: *Understanding Information Age Warfare*. CCRP publication series, USA 2001.



Alberts, David. S & Richard E. Hayes: *Power To the Edge*. CCRP publication series, USA 2003.

Collin, Jari; Kari Hiekkänen, Janne J. Korhonen, Marco Halén, Timo Itälä & Mika Helenius: *IT Leadership in Transition, The Impact of Digitalization on Finnish Organizations*. Aalto-yliopisto, Helsinki 2015.

Hakala, Juha: *Uusi graduopas*. Gaudeamus, Helsinki 2008.

Hirsjärvi, Sirkka; Pirkko Remes & Paula Sajavaara: *Tutki ja kirjoita*. 21. painos, Tammi, Bookwell Oy, Porvoo 2016.

Huhtinen, Aki-Mauri (toim.): *Sotilasjohtamisen tiedon kohteet*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Artikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006.

Hyytiäinen, Mika (toim.): *Tuleva sota, Nykyhetki ennakointien valossa*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, Julkaisusarja 2, Tutkimusselosteita nro 4, Edita, Helsinki 2018.

Jugner, Mikael: *Otetaan digiloikka! Suomi digikehityksen kärkeen*. Elinkeinoelämän keskusliitto EK, Huhtikuu 2015.

Juhanko, Jari (toim.); Marko Jurvansuu (toim.), Toni Ahlqvist, Heikki Ailisto, Petteri Alahuhta, Jari Collin, Marco Halen, Tapio Heikkilä, Helena Kortelainen, Martti Mäntylä, Timo Seppälä, Mikko Sallinen, Magnus Simons & Anu Tuominen: *Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi: taustoittava kooste*. ETLA Raportit No 42, 5.1.2015.

[<http://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf>], luettu 29.1.2018.

Kallionpää, Stella (toim.); Riitta Grönroos (toim.), Jari Manninen, Vesa Brandt & Marko Lepola: *Uuskasvun polut – Digitalisaation lupaus*. TeliaSonera Finland Oyj, Helsinki 2015.

Kari, Mikko; Arto Hakala, Elisa Pääkkönen & Markku Pitkänen (toim.): *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025*. Osa 2, Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, Julkaisuja 15, Ylöjärvi 2008.

Karsikas, Jarkko: *Maavoimien verkostokeskeisen tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri ja sen toteuttaminen*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 1 Nro 28/2007, Edita Prima Oy, Helsinki 2007.

Kesseli, Pasi (toim.): *Venäjän asevoimat muutoksessa – Kohti 2030-lukua*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Julkaisusarja 1: Tutkimuksia nro 5, Maanpuolustuskorkeakoulu 2016.

Klemola, Olli (toim.): *Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirja 2017*. Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Ylöjärvi 2017.

Koski, Olli & Kai Husso (toim.): *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 19/2018.

Kosola, Jyri: *Suorituskyvyn elinjakson hallinta*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 5, Nro 7/2007, Edita Prima Oy, Helsinki 2007.

Kosola, Jyri & Tero Solante: *Digitaalinen taistelukenttä, Informaatioajan sotakoneen tekniikka*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Julkaisusarja 1, N:o 7, Oy Edita Ab, Helsinki 2000.

Kosola, Jyri & Tero Solante: *Digitaalinen taistelukenttä, Informaatioajan sotakoneen tekniikka*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, Julkaisusarja 1, Nro 35, Kolmas laitos, Helsinki 2013.

Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.): *Digitaalinen Suomi 2017*. Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.

Linturi, Risto; Osmo Kuusi & Toni Ahlqvist: *Suomen sata uutta mahdollisuutta: radikaalit teknologiset ratkaisut*, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu, 6/2013.

Lättilä, Timo; Janne Upla & Niklas Salonen: *Keinotodellisuuden hyödyntäminen liikenne- ja viestintäministeriön toimialalla*. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 13/2017.

Marttinen, Jussi: *Palvelukseen halutaan robotti, Tekoäly ja tulevaisuuden työelämä*. Aula & Co, Helsinki 2018.

Metsämuuronen, Jari: *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. 2. laitos, 3. uudistettu painos, Gummeruksen kirjapaino Oy, Vaajakoski 2006.

Parviainen, Päivi; Maija Federley, Katri Grenman & Anu Seisto: *Osaaminen ja työllisyys digimurroksessa*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2017, Valtioneuvoston kanslia 2017b.

Parviainen, Päivi; Maija Federley & Anu Seisto: *Digimuutoksessa onnistumisen eväät*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 54/2017, Valtioneuvoston kanslia 2017c.

Puranen, Lauri; Jari Takanen, Pasi Välimäki, Jukka Rautalahti, Sampo Eskelinen, Jouni Junntila & Petteri Seppälä: *Esiselvitys Hornet-kaluston suorituskyvyn korvaamisesta, Loppuraportti*. Puolustusministeriö, Helsinki 2015. [[https://www.defmin.fi/files/3168/Esiselvitys\\_Hornet-kaluston\\_suorituskyvyn\\_korvaamisesta.pdf](https://www.defmin.fi/files/3168/Esiselvitys_Hornet-kaluston_suorituskyvyn_korvaamisesta.pdf)], luettu 2.4.2019.

Raitasalo, Jyri: *Turvallisuusympäristön muutos ja Suomen puolustus*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Strategian laitos, Julkaisusarja 1, Strategian tutkimuksia No 23, Edita Prima Oy, Helsinki 2008.

Raitasalo, Jyri & Joonas Sipilä: *Muuttuva sota*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2005.

Rekkedal, Nils, *Nykyaikainen sotataito, Sotilaallinen voima muutoksessa*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Edita Prima Oy, Helsinki 2006.

Rekkedal, Nils & Milan Vego: *Operaatiotaito, Operaatiotaidon kehittyminen neljässä suurvallassa*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, Julkaisusarja 1, N:o 1/2013, Edita Prima Oy, Helsinki 2013.

Rousku, Kimmo; Risto Linturi, Cristina Andersson, Sari Stenfors, Ilkka Lähteenmäki, Timur Kärki & Jarno Limnell: *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017.

Salo, Immo: *Big data ja pilvipalvelut*. Docendo, Jyväskylä 2014.

Schwab, Klaus: *The Fourth Industrial Revolution*. Portfolio Penguin, Great Britain 2017.

Seppälä, Timo; Halén, Marco, Juhanko, Jari, Korhonen, Heidi, Mattila, Juri, Parviainen, Päivi,

Talvitie, Jaakko, Ailisto, Heikki, Hyytinen, Kirsi-Maria, Kääriäinen, Jukka, Mäntylä, Martti & Ruutu, Sampsa: ”Platform” – Historiaa, ominaispiirteitä ja määritelmä. ETLA Raportit No 47, 23.11.2015, s. 9, [<http://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-47.pdf>], luettu 30.1.2017.

Siren, Torsti (toim.): *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.

Tuomi, Jouni & Anneli Sarajärvi: *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 9. uudistettu painos, Tammi, Helsinki 2009.

Vapaavuori, Matti & Santtu von Bruun (toim.): *Miten tutkimme tulevaisuutta?* Toinen uudistettu painos, Tammer-Paino Oy, Tampere 2003.

Viestiupseeriyhdistys ry: *Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018.

Vilka, Hanna: *Tutki ja kehitä*. Otavan kirjapaino oy, Keuruu 2005.

## 2.2 Artikkelit

Alasoini, Tuomo: Digitalisaatio muuttaa työtä – millaista työelämää uudistavaa innovaatiopolitiikkaa tarvitaan?, *Työpoliittinen Aikakauskirja 2/2015*. Työ- ja elinkeinoministeriö 2015.

Alasoini, Tuomo; Antti Koivula & Leila Kurki: Tekoälyteknologian hyvä soveltaminen ja etiikka, *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Koski, Olli & Kai Husso (toim.), Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 19/2018.

Andersson, Cristina: Kestävästi kehittyen kohti tulevaisuutta, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017a.

Andersson, Cristina: Suomi ja robotisoitua maailma, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017b.

Antikainen, Simo: Verkostopuolustus ja taktiset periaatteet – Mikä muuttuu?, *Kylkirauta*. Nro 3/2006

Anttila, Matti; Juha Hollanti, Mika Metsi, Oskari Paavola, Jani Ruisniemi & Asko Toivanen: Venäjän maavoimien yleiset kehitysnäkymät, *Venäjän asevoimat muutoksessa – Kohti 2030-lukua*. Kesseli, Pasi (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Julkaisusarja 1: Tutkimuksia nro 5, Maanpuolustuskorkeakoulu 2016.

Barreira, Victor: Portugal finalises advanced air-defence C2 system (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Istanbul 6.6.2018.

Dorner, Kenneth R.; William B. Hartman & Jason M. Teague: Back to the Future. Integrated Air and Missile Defense in the Pacific, *Air & Space Power Journal*. January-February 2015.

Ebbutt, Giles: MBDA unveils new GBADS C2 system (pdf-versio), *Jane's Missiles & Rockets*. Lontoo 28.6.2017.

Fein, Geoff: FLIR Systems adds Black Hornet 3 to its PRS family of micro UAVs, *Jane's International Defence Review*. Yhdysvallat 8.6.2018.

Fein, Geoff: Maintaining an edge: US land-based radar developments (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. Washington, DC 27.9.2016.

Fiorenza, Nicholas: Germany, the Netherlands integrate GBAD (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. London 10.4.2018.

Gotlowska, Justyna: Rebuilding Germany's air defence capabilities: on the eve of crucial decisions, *OSW Commentary*. Nro 268, Centre for Eastern Studies, 2018.

Grönroos, Ari & Timo Herranen: Monitoimihävittäjä ja ilmatorjunta – Verkottunutta torjuntavoimaa, *Sotilasaikakauslehti*. Nro 6–7, 2016.

Hawkes, Jon: Patriot games: Raytheon's air-defence system continues to proliferate (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 16.11.2018.

Heinonen, Jyrki: Verkostopuolustus yhteiskunnallisen muutoksen heijastumana, *Kylkirauta* 1/2006.

Hughes, Robin: NASAMS: beyond an air-defence system (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 24.5.2018.

Hughes, Robin: Modern family: IAI expands range of new generation Barak systems (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 11.1.2017.

Hyytiäinen, Mika: Verkostopuolustus tulevaisuuden rakentamisena, Voiko pienikin maa rakentaa tulevaisuutensa, *Tuleva sota, Nykyhetki ennakointien valossa*. Hyytiäinen, Mika (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, Julkaisusarja 2, Tutkimuselosteita nro 4, Edita, Helsinki 2018.

Hyytiäinen, Mika; Jarmo Lindberg & Juha Mattila (kirjoittajat 2004), Juhana Nenonen (päivitys 2008): Johtamisjärjestelmät, *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025*. Kari, Mikko; Arto Hakala, Elisa Pääkkönen & Markku Pitkänen (toim.), Osa 2, Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, Julkaisuja 15, Ylöjärvi 2008.

Itälä, Timo: Digital Business and Platforms, *IT Leadership in Transition, The Impact of Digitalization on Finnish Organizations*. Aalto-yliopisto, Helsinki 2015.

Jane's By IHS Markit: KDA develops mission planning software (pdf-versio), *International Defense Review*. 17.10.2001.

Jennings, Gareth: Raytheon, Rheinmetall press Germany to focus on full-spectrum ground-based air defence (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. Berliini 27.11.2018.

Juntunen, Kimmo: Ilmatorjunnan kehittyminen – asejärjestelmät, *Ilmatorjunta*. Numero 3/2016.

Järvensivu, Anu; Seija Ilmakunnas & Ville Kyrki: Tekoälyn kasvu- ja työllisyysvaikutukset, *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Koski, Olli & Kai Husso (toim.), Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 19/2018.

Kauhanen, Antti: Uusi työnjako, *Robotit töihin. Koneet tulivat - mitä tapahtuu työpaikoilla?* EVA Raportti 2/2016, Taloustieto Oy, Helsinki 2016.

Kilpeläinen, Teemu: Ilmapuolustuksen lamauttaminen 2030-luvulla, *Ilmatorjunta*. Numero 4/2018.

Kivimäki, Veli-Pekka: Tulevaisuuden toimintaympäristön kehitysnäkymiä – kybersotaa fyysisessä maailmassa, *Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018.

Klemola, Olli: Puolustusvoimien teknologia- ja tutkimusohjelmat, Osaamisen huoltovarmuutta parhaimmillaan, *Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen vuosikirja 2017*. Klemola, Olli (toim.), Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Ylöjärvi 2017.

Koiranen, Ilkka & Pekka Räsänen: Verkkopalvelujen käytön ja käyttäjien muutos, *Digitaalinen Suomi 2017*. Aalto-yliopisto, Vantaa 2017, s. 456.

Kosola, Jyri: Drone-uhka ja sen torjunta, *Sotilasaikakauslehti*. Nro 1/2019.

Kuusisto, Rauno & Tuija Kuusisto: Verkostopuolustuksen johtaminen – tietovirtojen näkökulma itsesykronoitumiseen, *Tiede ja ase 64*, 2006.

Kärki, Timur: Toiminnan digitalisaatio – miten sudenkuopat vältetään, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017.

Kärkkäinen, Anssi: Kyberpuolustuksen taistelukenttä nyt ja tulevaisuudessa, *Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018.

Lappin, Yaakov: Elta Systems integrating AI with radars, seeking better image recognition (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Tel Aviv 8.11.2018.

Leinonen, Teemu: Tietotekniikka lisää todellisuuteen kerroksia, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.

Lehto, Martti: Johtamisen transformaatio ilmavoimissa, *Sotilasjohtamisen tiedon kohteet*. Huh-tinen, Aki-Mauri (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Ar-tikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006, s. 219.

Lehto, Martti; & Pekka Neittaanmäki: Digitalisaatio muuttaa yhteiskunnan ja yksilöiden tapaa toimia, *Tiedepolitiikka*. Nro 41, 2016, s. 56-63.

Lehmuslehti Ari (toim.); Janne Ilvonen, Tero Koljonen, Tuomas Liukko, Kai Naumanen, Iiro Penttilä, Niko Hölttä, Jussi Annala, Aki Heikkinen, Matti Honko, Kimmo Hyvärinen, Juha Kauhanen, Tommi Keränen, Sauli Rimmanen, Jukka Saarela, Pasi Saarikoski, Arto Hildén, Jussi Kosonen, Anssi Munkki & Janne Rautiainen: Alueellinen puolustus 2030 - mahdollisuu-det ja edellytykset, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustus-korkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.

Leventopoulos, Sozon A.: *Ground-based Air Defense Systems New Challenges and Perspec-tive*. Research paper, No. 175, Research Institute for European and American Studies (RIEAS) 2018.

Limnell, Jarno: Digitaalinen turvallisuus kehityksen ja toiminnan mahdollistajana, *Pilkahduk-sia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017.

Linturi, Risto: Teknologiamurroksesta hallinnon toimenpiteiksi, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017.

Maliranta, Mika; Niilo Hakonen, Juha Antila, Mika Kuismanen & Susanna Siitonen: Työ-markkinadynamiikka teknologisessa murroksessa, *Tekoälyajan työ, Neljä näkökulmaa talou-teen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan*. Koski, Olli & Kai Husso (toim.), Työ- ja elinkei-noministeriön julkaisuja 19/2018.

Mannermaa, Mika: Tulevaisuudentutkimus tieteellisenä tutkimusalana, *Miten tutkimme tule-vaaisuutta?* Vapaavuori, Matti & Santtu von Bruun (toim.), Toinen uudistettu painos, Tammer-Paino Oy, Tampere 2003.



Mattila, Veli-Matti: Digimenestyjät nostavat Suomen, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.

Mero, Tuomo & Mika Raunu: Alueellisesta puolustuksesta verkottuneeseen turvallisuuteen 2030 – Radikaalia transformaatiota vai pientä hienosäätöä? *Verkostoavusteinen puolustus 030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.

Metsola, Teemu: Edestä ja tehtävätaktiikalla – myös johtamisjärjestelmälalla? *Kyberajan viestitaktiikka*. Bookcover Oy, Seinäjoki 2018.

Metsämuuronen, Jari: Tulevaisuustutkimuksen perusteet, *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*. 2. laitos, 3. uudistettu painos, Gummeruksen kirjapaino Oy, Vaajakoski 2006.

Munks, Robert & Jessie J. Green: Fast forward: analysing changes to the intelligence landscape in the 2020s (pdf-versio), *Jane's Intelligence Review*. 28.11.2017.

Mäkitalo, Janne; Allan Parv & Aron Kalmus: Verkostoavusteinen puolustus sotataidon historiassa – esimerkkinä Irakin sota, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.

Mälkki, Jukka; Mano Nokelainen & Antti Rainio: Verkostopuolustuksen muodostuminen tehtävälähtöisessä ja käskytykskeskeisessä johtajuuden käytännössä, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.

Parviainen, Päivi; Jukka Kääriäinen, Maarit Tihinen & Susanna Teppola: Tackling the digitalization challenge: how to benefit in digitalization in practice, in *International Journal of Information Systems and Project Management*. Varajão, João (ed.), Vol. 5, No. 1, 2017a, 63–77.

Pengelly, Rupert: USAF bucks the Android trend with its new DACAS system, *Jane's International Defence Review*. Lontoo 26.10.2015.

Pennanen, Risto: Äly muuttaa kaupungit, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.

Peruzzi, Luca: Shorad Showdown, *Armada International*, 5/2015.

Rădulescu, Marius & Vasile Şandru: A Quick Look Over the Romanian Ground Based Air Defence, *Scientific Research and Education in the Air Force – AFASES 2016*. Romania 2016.

Rantapelkonen, Jari: Näyttöruudun takana – Sotilasjohtaminen verkostoituneessa informaatioympäristössä, *Sotilasjohtamisen tiedon kohteet*. Huhtinen, Aki-Mauri (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Artikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006.

Redhead, Matthew: Changing environment forces agencies to adopt agile approach (pdf-versio), *Jane's Intelligence Review*. 27.12.2018.

Rousku, Kimmo: Johdanto, *Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017.

Rubin, Anita: *Trendianalyysi tulevaisuudentutkimuksen menetelmänä*, 2004a. Tulevaisuudentutkimus tiedonalana. TOPI – Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto. [<https://tulevaisuus.fi/menetelmat/toimintaympariston-muutosten-tarkastelu/trendianalyysi-tulevaisuudentutkimuksen-menetelmana/>], luettu 29.3.2019.

Rubin, Anita: *Heikot signaalit*, 2004b. Tulevaisuudentutkimus tiedonalana. TOPI – Tulevaisuudentutkimuksen oppimateriaalit. Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun yliopisto. <https://tulevaisuus.fi/menetelmat/toimintaympariston-muutosten-tarkastelu/heikot-signaalit/>], luettu 29.3.2019.

Ruotsalainen, Henri: Ilmasodankäynnin tulevaisuuden tredejä, *Ilmatorjunta*. Numero 4/2016.

Rusila, Tuomo: Tuli, liike, suoja... Autonomia, *Ilmatorjunta*. Numero 4/2016.

Saarelainen, Mikko & Tero Savonen: Sotiluus verkostoituvassa toimintaympäristössä 2030, *Verkostoavusteinen puolustus 2030*. Siren, Torsti (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.

Saariaho, Pekka & Pekka Sviili: Sodanajan johtamisen haasteet maavoimien joukoissa, *Sotilasjohtamisen tiedon kohteet*. Huhtinen, Aki-Mauri (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen laitos, Julkaisusarja 2, Artikkelikokoelmat n:o 16, Edita Prima Oy, Helsinki 2006.

Scott, Richard: BAE Systems looks to introduce AI decision support into naval combat systems (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*, Lontoo 4.1.2019.

Scott, Richard: Kongsberg debuts new ADC console (pdf-versio), *Jane's Missiles & Rockets*. Lontoo 28.11.2015.

Silfverskiöld, Stefan; Hans Liwång, Gunnar Hult, Åke Sivertun, Peter Bull, Johan Sigholm, Martin Lundmark, Carl von Gerber, Kent Andersson & Peter Stureson: *Technology Forecast 2017 – Military Utility of Future Technologies*. A Report from Seminars at the Swedish Defence University's (SEDU) Military – Technology Division. Försvarshögskolan 2017.

Still, Kaisa; Marko Seppänen, Timo Seppälä, Arho Suominen, Katri Valkokari, & Heidi Korhonen: *Alustatalous on vuorovaikutustaloutta*. ETLA Muistio No 61, 15.9.2017.

Ṭanu, Gelu: The Use of Patriot Surface-To-Air Missile Systems During the Modern Military Conflicts, *International Scientific Conference*. Strategies XXI, Carol I, National Defence University, 2018. p. 236-242.

Tilson, David; Kalle Lyytinen & Carsten Sørensen: Digital Infrastructures: The Missing IS Research Agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 2010, s. 748–759.

Torruella, Anika: Shades of grey: Open-source data blur the lines between geographic, ideological, and cyber targets (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. 7.7.2017.

Tuikka, Tuomo; Anu Seisto & Kaisa Vehmas: Digi tukee vauvaa ja vaaria, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.

Valpolini, Paolo: Anti-aircraft, and More..., *Armada International* 2/2015.

Vapaavuori, Matti: Muutoksen monitorointi ja merkityksen antaminen havaituille muutoksille, *Miten tutkimme tulevaisuutta?* Vapaavuori, Matti & Santtu von Bruun (toim.), Toinen uudistettu painos, Tammer-Paino Oy, Tampere 2003.

Viitasaari, Jukka & Risto Pennanen: Digi avaa teollisuudelle uuden oven palveluihin, *Digitaalinen Suomi 2017*. Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.), Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.

Von Wyl, Anita (ed.): From balloons to drones – the rapidly evolving threats from the air, *Crypto Magazine, Secure communication for integrated surface-to-air defence*. No. 1, 2016a. [[https://www.crypto.ch/sites/default/files/crypto-ch/magazin/025\\_CryptoMagazine\\_EN\\_1604.pdf](https://www.crypto.ch/sites/default/files/crypto-ch/magazin/025_CryptoMagazine_EN_1604.pdf)], luettu 2.4.2019.

Von Wyl, Anita (ed.): New dangers, new cooperation arrangements: when different armed forces operate jointly, *Crypto Magazine, Secure communication for integrated surface-to-air defence*. No. 1, 2016b. [[https://www.crypto.ch/sites/default/files/crypto-ch/magazin/025\\_CryptoMagazine\\_EN\\_1604.pdf](https://www.crypto.ch/sites/default/files/crypto-ch/magazin/025_CryptoMagazine_EN_1604.pdf)], luettu 2.4.2019.

Wasserbly, Daniel & Andrew White: Adding SHORAD: US Army rebuilds its short range air defences (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Washington & Lontoo 19.10.2018.

White, Andrew: Reality check: Applying AI across the battlespace (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*. Lontoo 15.11.2018.

Widlund, Oscar: The SAM factory: Russian air-defence capabilities (pdf-versio), *Jane's Defence Weekly*. Lontoo 24.10.2018.

Williams, Huw: One-stop missile shop: European manufacturers look to meet full spectrum of requirements (pdf-versio), *Jane's International Defence Review*, 17.5.2016.

### 2.3 Muut julkaistut lähteet

Business Dictionary: *Digitalization*. [<http://www.businessdictionary.com/definition/digitalization.html>], luettu 1.2.2018.

Gartner: *IT-glossary*, [<https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization>], luettu 24.1.2017.

InterActive Terminology for Europe: *Digitalisaatio*.

[<http://iate.europa.eu/FindTermsByLilId.do?lilId=3569111&langId=fi>], luettu 1.2.2018.

InterActive Terminology for Europe: *Digitalisation*.

[<http://iate.europa.eu/FindTermsByLilId.do?lilId=3569111&langId=en>], luettu 1.2.2018.

Kielitoimiston sanakirja: *Digitalisaatio*. [<https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/digitalisaatio>], luettu 1.2.2018.

Puolustusministeriö: *Puolustusministeriön strateginen suunnitelma*. (2011a).

[[http://www.defmin.fi/files/1830/plm\\_strateginen\\_suunnitelma.pdf](http://www.defmin.fi/files/1830/plm_strateginen_suunnitelma.pdf)], luettu 22.2.2018.

Puolustusministeriö: *Puolustuspolitiikka, Osastrategia*. (2011b).

[<http://www.defmin.fi/files/1829/puolustuspolitiikka.pdf>], luettu 22.2.2018.

Puolustusvoimat: *Puolustusvoimien tutkimusagenda 2015*. [[https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2670014/TUTKIMUS\\_Tutkimusagenda\\_2015\\_281015\\_painoversio\\_pieni.pdf](https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2670014/TUTKIMUS_Tutkimusagenda_2015_281015_painoversio_pieni.pdf)], luettu 30.8.2018.

Trafi: *Liikenteen tila 2030*, Trafín julkaisuja 21/2016.

[[https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1476367622/f61da0cdfc2bf85e8df89c0de19d5587/22797-Trafi\\_Liikenteen\\_Tila\\_2030.pdf](https://arkisto.trafi.fi/filebank/a/1476367622/f61da0cdfc2bf85e8df89c0de19d5587/22797-Trafi_Liikenteen_Tila_2030.pdf)], luettu 12.3.2019.

Turvallisuuskomitea: *Yhteiskunnan turvallisuusstrategia*. Valtioneuvoston periaatepäätös, 2.11.2017.

Valtiokonttori: *Valmiina digikiriin*. Digitalisaatio ja virastojen tuottavuuspotentiaali, Loppuraportti, Valtiokonttorin selvitys 18.12.2015.

Valtioneuvosto: *Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004, Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 24.9.2004*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 16/2004, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2004.

Valtioneuvoston kanslia: *Ratkaisujen Suomi, Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma*, 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015, [[http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi\\_FI\\_YHDISTETTY\\_netti.pdf](http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf)], luettu 31.1.2018.

Valtioneuvoston kanslia: *Ratkaisujen Suomi: Puolivälin tarkastus, Hallituksen toimintasuunnitelma vuosille 2017-2019*, Hallituksen julkaisusarja 5/2017.

## **LIITELUETTELO**

Liite 1: Tutkimuksen tärkeimpien lähteiden arviointia

Liite 2: Trendianalyysin ydinaineisto

Liite 3: Digitalisaation, verkostopuolustuksen ja 2020-luvun ilmatorjunnan vertailua

Liite 4: Trendianalyysin teemojen yhteenvetoa

Liite 5: Havaintoja trendianalyysin teemoista

## TUTKIMUKSEN TÄRKEIMPIEN LÄHTEIDEN ARVIOINTIA

LÄHDE	TAUSTAA	KUVAUS LÄHTEESTÄ
Alberts, David. S.; John J. Gartska & Frederick P. Stein: <i>Network Centric Warfare: Developing and Leveaging Information Superiority</i> . 2nd Edition (Revised), CCRP publication series, USA 2000.	Yhdysvaltain puolustusministeriön C2-tutkimusohjelmaan (CCRP, Command and Control Research Program) nivoutunut julkaisu, jota voidaan pitää verkostokeskeisen sodankäynnin teorian alkuperäislähteenä.	Verkostokeskeisen sodankäynnin laajasti lainattu perusteos. Tieteellinen lähestymistapa, sisältää lähdeviitteet. Tietokantojen perusteella erittäin usein viitattu teos. Myös tässä tutkimuksessa pääasiallinen lähde verkostokeskeiseen sodankäyntiin viitattaessa.
Alberts, David. S.; John J. Gartska, Richard E. Hayes & David A. Signori: <i>Understanding Information Age Warfare</i> . CCRP publication series, USA 2001.	Edellisen teoksen tavoin CCRP:n julkaisema, verkostokeskeistä sodankäyntiä edelleen syventänyt lähde.	Verkostokeskeistä sodankäyntiä sivuvaava "yleisteos", joka selittää verkostokeskeisen sodankäynnin käsitteitä. Tässä tutkimuksessa lähinnä edellä mainittua lähdeä tukeva julkaisu.
Alberts, David. S & Richard E. Hayes: <i>Power To the Edge</i> . CCRP publication series, USA 2003.	Kolmas CCRP:n / verkostokeskeisen sodankäynnin perusteos.	Edellisen tavoin keskittyy verkostokeskeisen sodankäynnin syväsiemppään tarkasteluun.
Hyytiäinen, Mika: Verkostopuolustus tulevaisuuden rakentamisena, Voiko pienikin maa rakentaa tulevaisuutensa, <i>Tuleva sota, Nykyhetki ennakointien valossa</i> . Hyytiäinen, Mika (toim.), Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, Julkaisusarja 2, Tutkimus- selosteita nro 4, Edita, Helsinki 2018.	Kirjoittaja lukeutuu verkostopuolustuksen keskeisimpiin kehittäjiin. On työskennellyt muun muassa Pääesikunnan johtamisjärjestelmäosastolla ja sotataidon sotilasprofessorina Maanpuolustuskorkeakoululla.	Lähteen avulla verkostopuolustuksesta muodostuu suhteellisen kattava kokonaiskuva yhteen artikkeliiin tiivistettynä. Artikkelissa kuvataan muun muassa verkostopuolustuksen kehittämistyön taustoja ja prosessin vaiheita, arvioidaan jälkikäteen vuosituhannen alun kehitystyötä ja luodaan jossain määrin visioita myös tulevasta.
Lehti, Matti (toim.) & Matti Rossi (toim.): <i>Digitaalinen Suomi 2017</i> . Aalto-yliopisto, Vantaa 2017.	Teos perustuu itsenäisyyden juhluvuoden hankkeeseen, jossa keskeisinä toteuttajina ovat olleet Aalto-yliopisto, Teknologiateollisuus, Tilastokeskus, Valtionvarainministeriö ja Viestintäalan tutkimussäätiö.	Erittäin laaja, yhteensä 64 artikkelista koostuva teos, joka tarjoaa digitalisaation aihealueesta kattavan yleiskuvan. Eduksi tulkittavissa kirjoittajien asiantuntemus. Lähdeaineistoa ei ole määritelty kaikissa artikkeleissa, mutta kokonaisuutena teos soveltunee hyvin taustakirjallisuudeksi.
Rousku, Kimmo; Risto Linturi, Cristina Andersson, Sari Stenfors, Ilkka Lähteenmäki, Timur Kärki & Jarno Linnéll: <i>Pilkahduksia tulevaisuuteen – digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet</i> . Valtionvarainministeriön julkaisuja 10/2017, Valtioneuvoston kanslia, Helsinki 2017.	Valtionvarainministeriön kustantama julkaisu, joka kuvaa teknologista murrosta ja nostaa esiin niitä teknologioita, joissa julkisen hallinnon tulisi pyrkiä erityiseen aktiivisuuteen.	Laaja raportti, joka koostuu useista asiantuntija-artikkeleista. Käsittelee muun muassa julkishallinnon digitalisaatiota, tekoälyä ja robotiikkaa, digitaalista turvallisuutta ja niin sanottua toiminnan digitalisaatiota.
Schwab, Klaus: <i>The Fourth Industrial Revolution</i> . Portfolio Penguin, Great Britain 2017.	Kirjoittaja on maailman talousfoorumien perustaja ja johtaja, joka on työskennellyt maailmanlaajuisten asioiden ytimessä neljän vuosikymmenen ajan.	Teos kuvaa keskeisiä digitalisaatiota sivuavia megatrendejä ja yhteiskunnallisia ilmiöitä. Tietokantojen perusteella erittäin usein viitattu ja kansainvälisesti arvostettu teos.
Siren, Torsti (toim.): <i>Verkostoavustusten puolustus 2030</i> . Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Julkaisusarja 2: Artikkelikokoelmat Nro 2, Edita Prima Oy, Helsinki 2009.	Teos perustuu yleisesikuntaupseerikurssin 54 opinnoissa suoritettuun kehittämisharjoitukseen ja seminaariin, jossa erilaiset asiantuntijaryhmät visioivat 2030-luvun kehitysnäkymiä verkostoavusteisuuden ja verkostokeskeisyyden näkökulmasta.	Laaja teos, joka koostuu useista verkostopuolustusta sivuavista artikkeleista. Näkökulma verkostopuolustukseen perustuu sen osin kriittiseenkin arviointiin ja 2030-luvulle suuntautuviin yleisiin visioihin. Artikkelit perustuvat kattaviin lähdeaineistoihin ja sisältävät myös lähdeviitteet. Joissain tapauksissa artikkeleista välittyy vaikutelmaa, että verkostopuolustus on kirjoittajille osin vieras aihealue.



## TRENDIANALYYSIN YDINAINEISTO JA SEN ARVIOINTIA

LÄHDE	TAUSTAA	KUVAUS LÄHTEESTÄ
Barreira, Victor: Portugal finalises advanced air-defence C2 system, Jane's International Defence Review. Istanbul 6.6.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Suppeahko artikkeli uudesta ilmatorjunnan taistelunjohtojärjestelmästä. Kirjoittamisvuosi 2018.
Ebbutt, Giles: MBDA unveils new GBADS C2 system, <i>Jane's Missiles &amp; Rockets</i> . Lontoo 28.6.2017.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Suppeahko artikkeli uudesta ilmatorjunnan taistelunjohtojärjestelmästä, jonka erityispiirteenä on sen verkostokeskeisyys (järjestelmän nimenä Network-Centric Engagement Systems, NCES). Kirjoittamisvuosi 2017.
Fein, Geoff: Maintaining an edge: US land-based radar developments, <i>Jane's Defence Weekly</i> . Washington, DC 27.9.2016.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Laaja artikkeli uusien ilmatorjunnan tutkajärjestelmien kehittämisestä. Käsittelee myös CUAS-järjestelmien tutkatekniologiaa.
Gotlowska, Justyna: Rebuilding Germany's air defence capabilities: on the eve of crucial decisions, <i>OSW Commentary</i> . Nro 268, Centre for Eastern Studies, 2018.	Varsovalaisen "Center for Eastern Studies" -tutkimuskeskuksen julkaisu. Luettavissa: <a href="https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2018-05-17/rebuilding-germanys-air-defence-capabilities-eve-crucial">https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2018-05-17/rebuilding-germanys-air-defence-capabilities-eve-crucial</a>	Raportti kuvaa Saksan ilmatorjuntajärjestelmiin liittyviä kehittämisohjelmia. Otsikoinnista huolimatta kuvaa yksinomaan ilmatorjuntaa (ground-based air defence). Hankkeet on sidottu vuosilukuihin, mikä helpottaa niiden ajallista hahmottamista. Sisältää lähdeviitteet. Kirjoittamisvuosi 2018.
Grönroos, Ari & Timo Herranen: Monitoimihävittäjä ja ilmatorjunta – Verkottunutta torjuntavoimaa, <i>Sotilasajka-lehti</i> . Nro 6–7, 2016.	Upseeriliiton julkaisema ammattilehti. Artikkelin laatijat toimineet kirjoittamishetkellä ilmatorjunnan tarkastajana ja ilmavoimien suunnittelupäällikkönä.	Kotimainen artikkeli. Kuvaa nykyaikaista ilmapuolustusta pohtien tulevaisuutta ja uusien suorituskykyjen hankkimista. Verkottuminen keskeinen teema.
Hawkes, Jon: Patriot games: Raytheon's air-defence system continues to proliferate, <i>Jane's International Defence Review</i> . Lontoo 16.11.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Artikkeli kuvaa Patriot-järjestelmän nykytilaa, uusimpia kehitysohjelmia ja tulevaisuutta. Laaja ja kattava. Kirjoittamisvuosi 2018.
Hughes, Robin: Modern family: IAI expands range of new generation Barak systems, <i>Jane's International Defence Review</i> . Lontoo 11.1.2017.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Artikkeli kehiteillä ja joiltain osin jo operatiivisessa käytössä olevasta "uuden sukupolven" Barak-8-järjestelmästä. Kirjoittamisvuosi 2017.
Hughes, Robin: NASAMS: beyond an air-defence system, <i>Jane's International Defence Review</i> . Lontoo 24.5.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Artikkeli kuvaa NASAMS-järjestelmän nykytilaa, uusimpia kehitysohjelmia ja tulevaisuutta. Laaja ja kattava. Kirjoittamisvuosi 2018.
Jennings, Gareth: Raytheon, Rheinmetall press Germany to focus on full-spectrum ground-based air defence, <i>Jane's Defence Weekly</i> . Berliini 27.11.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Artikkeli kehitysohjelmasta, joka tähtää kokonaisvaltaiseen ja monipuoliseen - tyypeiltään lukuisia sensori- ja vaikuttamiselementtejä käsittävään ilmatorjuntajärjestelmään. Kirjoittamisvuosi 2018.
Juntunen, Kimmo: Ilmatorjunnan kehittyminen – asejärjestelmät, <i>Ilmatorjunta</i> . Numero 3/2016.	Suomalainen ilmatorjunta-aselajin järjestö- ja ammattilehti. Artikkelin on laadittu Maavoimien tutkimuskeskuksen toteuttaman järjestelmäkartoitustyön pohjalta.	Perustuu selvitystyöhön käytössä olevista moderneista tai 2020-luvulla käyttöön otettavista ilmatorjunnan asejärjestelmistä. Artikkelin kuvaa tähän liittyviä keskeisiä johtopäätöksiä.

<sup>1</sup> Brittiläinen kustantamo, joka on erikoistunut sotilas-, ilmaliikenne- ja kuljetusalalle. Tietokantaan on rajoitettu pääsy.

<sup>2</sup> Yhdysvaltalaisen monia tieteenoaloja kattavan tietopalvelun kokoelma sotilajäsenille, analyytikoille, poliitikoille, opiskelijoille ja tutkijoille. Tietokantaan on rajoitettu pääsy.

LÄHDE	TAUSTAA	KUVAUS LÄHTEESTÄ
Kilpeläinen, Teemu: Ilmapuolustuksen lamauttaminen 2030-luvulla, <i>Ilmatorjunta</i> . Numero 4/2018.	Suomalainen ilmatorjunta-aselajin järjestö- ja ammattilehti. Kirjoittaja työskentelee ilmapuolustuksen erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksella.	Pääosin 2030-lukua arvioiva artikkeli, joka käsittelee kirjoittajan mukaan ilmapuolustuksen ja erityisesti ilmatorjunnan lamauttamiskeinoja tulevaisuudessa. Kattava ja monipuolinen digitalisaatiota sivuava artikkeli. Tuo ilmi myös tällä hetkellä ajankohtaisia tai 2020 -lukuun liittyviä seikkoja. Sisältää myös näkökulmia oman suorituskyvyn kehittämiseen muun muassa digitalisaation avulla. Sisältää lähdeluettelon.
Lappin, Yaakov: Elta Systems integrating AI with radars, seeking better image recognition, Jane's International Defence Review. Tel Aviv 8.11.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Käsittelee keinoalyn hyödyntämistä tutkajärjestelmissä. Sisältää osin ilmatorjunnan ulkopuolista asiaa SAR-tutkien kehittämiseen liittyen. (Joskin uhkanäkökuilmasta sekin sivuaa ilmatorjuntaa.)
Leventopoulos, Sozon A.: <i>Ground-based Air Defense Systems New Challenges and Perspective</i> . Research Paper, No. 175, 2018.	Julkaisija "The Research Institute for European and American Studies" (RIEAS). Julkaisee artikkeleja mm. kansainvälisestä politiikasta, puolustuksesta ja turvallisuudesta. Taustalla laaja kansainvälinen asiantuntijaverkosto. Kirjoittaja kreikkalainen upseeri, jolla 20-vuotinen kokemus ilmatorjunnasta sekä lisäksi vuosia kyber- ja tietoturvallisuuden johtamistehtävistä.	Aineiston harvoja tieteellisiä artikkeleita. Sisältää lähdeviitteet. Aidosti tulevaisuutta pohtiva, mutta myös nykyhetkeä ja historiaa tarkasteleva artikkeli. Pohtii ilmatorjunnan nykytilaa osin kriittisesti. Sisältää visioita myös täysin uudeltaisista ilmatorjunnan sovelluksista. Visiot vaikuttavat kuitenkin luonteeltaan spekulatiivisilta, eikä niiden yhteys todelliseen kehitystyöhön käy ilmi. Julkaistu 2018.
Peruzzi, Luca: Shorad Showdown, <i>Armada International</i> 5/2015.	EBSCO Military & Government collection <sup>2</sup>	Yleiskuva eräistä lyhyen (osin keskipitkän) kantaman ilmatorjuntaohjusjärjestelmistä (MEADS, MICA, Syder, Iron Dome, NASAMS, IRIS-T, HISAR, Crotale) ja niiden kehitysnäkymistä.
Puranen, Lauri, Jari Takana, Pasi Välimäki, Jukka Rautalahti, Sampo Eskelinen, Jouni Juntila & Petteri Seppälä: <i>Esiselvitys Hornet-kaluston suorituskyvyn korvaamisesta, Loppuraportti</i> . Puolustusministeriö, Helsinki 2015. <b>Tässä tutkimuksessa analysoinnin kohteena luku 3.2 (ilmatorjunnan osuus) ja luku 4.4.</b>	Puolustusministeriön muodostaman HX-hankkeen esiselvitystyöryhmän raportti. Pohjautuu pitkäaikaisen suunnittelutyön tuloksiin, tiedonhankintamatkoihin ja asiantuntijakeskusteluihin. Taustoittaa myös ilmasodankäynnin teknistä kehitystä. Luettavissa: [ <a href="https://www.defmin.fi/files/3168/Esiselvitys_Hornet-kaluston_suurituskyvyn_korvaamisesta.pdf">https://www.defmin.fi/files/3168/Esiselvitys_Hornet-kaluston_suurituskyvyn_korvaamisesta.pdf</a> ]	Raportti kuvaa kattavasti tulevaisuuden ilmapuolustusta ml. ilmatorjunta, jota käsitellään luvussa 3.2 (Ilmasodankäyntiin liittyvä teknologia) ja 4.4 Miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien ja ilmatorjunnan rooli osana puolustusjärjestelmää 2030+.
Ruotsalainen, Henri: Ilmasodankäynnin tulevaisuuden trendejä, <i>Ilmatorjunta</i> . Numero 4/2016.	Suomalainen ilmatorjunta-aselajin järjestö- ja ammattilehti.	Osin 2030-lukua arvioiva artikkeli, josta noin puolet keskittyy ilmasodankäynnin tulevaisuuden kuvaamiseen ja loput ilmatorjunnan kehitysnäkymiin. Osa arvioista perustuu mahdollisesti kaukaisinkin visioihin, mutta osa myös toteutuneisiin testeihin tai teknologisiin saavutuksiin. Kirjoittamisvuosi 2018.
Rădulescu, Marius & Vasile Şandru: A Quick Look Over the Romanian Ground Based Air Defence, <i>Scientific Research and Education in the Air Force – AFASES 2016</i> . Romania 2016.	EBSCO Military & Government collection <sup>2</sup> . Tarkempana lähteenä vuosittain ilmestyvä, lukuisia artikkeleja sisältävä Romanian ilmavoimien tutkimus- ja koulutusalan julkaisu.	Katsaus Romanian ilmatorjunnan nykytilaan sekä erilaisten tulevaisuuden kehityssuuntien arvioimista.

<sup>1</sup> Brittiläinen kustantamo, joka on erikoistunut sotilas-, ilmali- ja kuljetusalaan. Tietokantaan on rajoitettu pääsy.

<sup>2</sup> Yhdysvaltalaisen monia tieteenaloja kattavan tietopalvelun kokoelma sotilasjäsenille, analytikoille, poliitikoille, opiskelijoille ja tutkijoille. Tietokantaan on rajoitettu pääsy.

LÄHDE	TAUSTAA	KUVAUS LÄHTEESTÄ
Scott, Richard: Kongsberg debuts new ADC console, <i>Jane's Missiles &amp; Rockets</i> . Lontoo 28.11.2015.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Artikkeli kehitteillä olevasta taistelunjohtojärjestelmästä, joka pohjautuu ensisijaisesti Nasams-järjestelmään, mutta soveltuu artikkelin mukaan myös muihin järjestelmiin ja aselajeihin.
Janu, Gelu: The Use of Patriot Surface-To-Air Missile Systems During the Modern Military Conflicts, <i>International Scientific Conference</i> . Strategies XXI, Carol I, National Defence University, 2018. p. 236-242.	Romanian Maanpuolustuskorkeakoulun julkaisu. Löydetty Google Scholar -haulla.	Aineiston harvoja tieteellisiä artikkeleita. Sisältää lähdeviitteet. Kerroo myös ilmatorjunnan käyttöperiaatteista ml. moderneiden konfliktien kokemuksia. Raportoi kattavasti esim. ballististen ohjusten ja dronehyökkäysten torjunnosta ja joistakin omista tappioista. Ei kerro suoranaisesti tulevaisuudesta, mutta tarjoaa ajankohtaista tietoa, joka tulee osin säilymään 2020-luvulle. Kirjoittamisvuosi 2018.
Valpolini, Paolo: Anti-aircraft, and More..., <i>Armada International</i> , 2/2015.	EBSCO Military & Government collection <sup>2</sup>	Yleiskuva keskeisimmistä moderneista keskipitkän kantaman ilmatorjuntaohjusjärjestelmistä (Patriot, Eurosam, MEADS, BARAK-8, NASAMS yms.) ja niiden kehitysnäkymistä. Tiivis kuvaus myös (erillisistä) tutkajärjestelmistä.
Von Wyl, Anita (ed.): From balloons to drones – the rapidly evolving threats from the air, <i>Crypto Magazine, Secure communication for integrated surface-to-air defence</i> . No. 1, 2016.	Sveitsiläisen Crypto AG -kyberturvallisuusyrityksen julkaisu, jonka teemana on tarkasteltavassa numerossa ilmatorjunta. Luettavissa: [https://www.crypto.ch/sites/default/files/crypto-ch/magazin/025_CryptoMagazine_EN_1604.pdf]	Artikkeli teknologian kehityksestä sekä ilmatorjunnan että sitä vastaan toimivien järjestelmien näkökulmista. Yritysmaailman kytkökset epäselvät, mutta artikkeli itsessään käsittelee yleistä kehitystä uskottavasti.
Von Wyl, Anita (ed.): New dangers, new cooperation arrangements: when different armed forces operate jointly, <i>Crypto Magazine, Secure communication for integrated surface-to-air defence</i> . No. 1, 2016.	Ks. edellinen artikkeli.	Artikkeli käsittelee monipuolisesti yhteentoimivuuteen ja yhteistoimintaan liittyviä teemoja ilmatorjunnan näkökulmasta. Ks. edellinen kommentti.
Wasserbly, Daniel & Andrew White: Adding SHORAD: US Army rebuilds its short range air defences, <i>Jane's International Defence Review</i> . Washington & Lontoo 19.10.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Aineiston ajankohtaisin artikkeli lyhyen kantaman ilmatorjunnasta (Yhdysvaltojen maavoimissa). Käsittelee esimerkiksi nousevia teknologioita UAS-järjestelmien torjuntaan. Artikkelissa runsaasti sotilas-asiantuntijoiden lausuntoja.
Widlund, Oscar: The SAM factory: Russian air-defence capabilities, <i>Jane's Defence Weekly</i> . Lontoo 24.10.2018.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Laaja artikkeli uusimmista sekä kehitteillä olevista venäläisistä ilmatorjuntaohjusjärjestelmistä. Käsittelee myös UAS-järjestelmien torjuntaan liittyviä teknologioita. Kirjoittamisvuosi 2018.
Williams, Huw: One-stop missile shop: European manufacturers look to meet full spectrum of requirements, <i>Jane's International Defence Review</i> , 17.5.2016.	IHS Jane's -tietokanta <sup>1</sup>	Pitkä artikkeli, josta suuri osa käsittelee kuitenkin esim. ohjusteknologiaa tai muita rajattuja osajärjestelmiä. Artikkelin fokus joka tapauksessa aidosti tulevaisuuden kehitysnäkymissä.

<sup>1</sup> Brittiläinen kustantamo, joka on erikoistunut sotilas-, ilmali- ja kuljetusalaan. Tietokantaan on rajoitettu pääsy.

<sup>2</sup> Yhdysvaltalaisen monia tieteenaloja kattavan tietopalvelun kokoelma sotilasjäsenille, analyytikoille, poliitikoille, opiskelijoille ja tutkijoille. Tietokantaan on rajoitettu pääsy.

## DIGITALISAATION, VERKOSTOPUOLUSTUKSEN JA 2020-LUVUN ILMATORJUNNAN VERTAILUA

Verkostopuolustus (2000-luvun alun lähteet)	Digitalisaatio (Vuosien 2015-2019 lähteet)	Ilmatorjunta 2020+ (Vuosien 2015-2018 lähteet)	Yhteinen nimittäjä	Tulevaisuuden kehitysnäkymiä
<b>Vahvoja ja jatkuvuutta edustavia teemoja:</b>				
- Parantunut tilannetietoisuus - Tietoylivoina	- Tietoa laajasti saatavilla - Tietoa hyödyntämällä uudenlaista arvoa	- Tilannekuvan kehittäminen yhä informatiivisempaan muotoon	<b>Tiedon hyödyntäminen</b>	- Virtuaali- ja lisätty todellisuus, keinoäly ja koneoppiminen datan hyödyntämisessä?
- Yleinen teknisyys - Automaatio erityisesti visioissa	- Teknologia siirtymässä merkittäväksi toimijaksi (tekoäly, robotiikka, autonomia)	- Automaatio, prosessointiteho, simultaanisuus - Älykkäät piirteet ja algoritmit	<b>Teknologian kasvava rooli</b>	- Erityisesti tiedon käsittelyssä teknologian rooli syventyneenä
- Jaettuun tietoon perustuva tilannetietoisuus	- Edistyneet sensorit tiedon kerääjinä - Tietoa jaettava yli organisaatorajojen	- Yhteinen tilannekuva useilla tasoilla - Tiedon tarjoajien/tarvitsijoiden liitettävyyden	<b>Tiedon kerääminen ja jakaminen</b>	- Avoimen tiedon ja big datan sotilaskäyttö - Esineiden internetin sotilaskäyttö?
- Sensori-ase-päätöksentekijä -verkko - Verkottuminen lisää taisteluvoimaa	- Yhä enemmän asioita kytketään verkkoon - Esineiden internetin megatrendi	- NCW:n periaatteet vahvat (suorituskykyjen verkottuneisuus, synergia ja taistelunkestävyyden)	<b>Verkottuminen</b>	- Trendin jatkuvuus vahvaa / kiihtyvää - Turvallisuushaasteet ilmeiset
- Maantieteellisesti hajautettujen suorituskykyjen verkottuminen	- Etäläsnäolo, virtuaalisuus - Digitalisaatio poistaa rajoitteita	- Etähallinnan mahdollistavat järjestelmät - Verkottuminen vs. hajauttaminen ja ulottuvuus	<b>Paikkasidonaisuuden ja fyysisen läsnäolon vähenevä merkitys</b>	- Yhä virtuaalisempi johtaminen, operointi ja läsnäolo
- Puumaisien organisaatioiden häilyminen	- Mullistaa organisaatioita - Alustat ja ekosysteemit	- Yhteentoimivuus, integraatio, avoin arkkitehtuuri ja kokonaisvaltaisuuden lisääntyminen	<b>Toiminto- ja organisaatorajojen välisiä rajoja rikotaan</b>	- Rajapintojen häilyminen, mahdollisesti myös toiminnallisella tasolla, jopa aselajien välillä?
- Toiminnallista tasoa korostetaan teknisyydestä huolimatta	- Digitalisaatio ennen kaikkea toiminnan muutosta	- Tarve uudistumiselle - Erityisesti uhkat uudistuvat	<b>Toimintatapojen uudistaminen</b>	- Digitalisaatio tarjoaa lukemattomia mahdollisuuksia sodankäynnin keinovalikoimaan
- COTS-järjestelmät ja kotimaisen teknologiaosaamisen hyödyntäminen	Kuluttajille suunnatun teknologian kehityksen erityisen nopeaa	- COTS-järjestelmät (eivät esiinny laajamittaisesti ydinaineistossa)	<b>Teknologian kehitys on nopeinta "markkinassa"</b>	- Asevoimat muokkaamassa suhtautumistaan kaupalliseen teknologiaan?
<b>Muita verkostopuolustuksen ja digitalisaation yhteneväisyyksiä:</b>				
- Yhteiset tietovarannot tai tietovarastot	- Yhteiset tietovarannot - Pilviteknologiat	Niukka esiintyvyys ilmatorjunnassa ei takaa havainnon yleistettävyyttä	- Tiedon kokoaminen kaikkien tarvitsijoiden käyttöön	- Tutkimuksen valossa kehitysnäkömät epäselvät (sotilasverkoissa)
- Arvoketjut, informaatioaika synnyttänyt uusia arvon luomisen tapoja (NCW)	- Digitalisaatio tehostaa arvoketjuja ja arvon luontia	Havainnot eivät merkitse selvää ristiriitaa ilmatorjuntaan tai muuhunkaan sodankäyntiin suhteutettuna	- Yhteneväistä terminologiaa - Liiketoiminnan ajattelutapoja - Yhtenevää "retoriikkaa"	Nämä sekä ylläolevat teemat huomioiden verkostopuolustukseen ja digitalisaatioon liittyneet samankaltaisia tavoitteita
"Informaatio poltto- / raaka-ainetta" (NCW)	- "Data on uusi öljy / tekoäly uusi sähkö"		- Konkreettinen osoitus yhtäläisyyksistä	
IoT:n kaltaisia esimerkkejä mm. huollossa ja kunnossapidossa (NCW)	- Esineiden internet, teollinen internet.			
<b>Nousevia teemoja:</b>				
Tutkimuksen tulkinta teemojen tuoreudesta ei poissulje sitä, että niihin liittyvää kehitystä olisi voinut ilmetä myös aikaisemmin	- Etäohjatut järjestelmät, liikenteen automaatio/autonomia	- Miehittämättömät järjestelmät tai osajärjestelmät, IT:n ulkopuolella erityisesti UAS:t	<b>Miehittämättömät järjestelmät, robotiikan ja autonomian (piirteiden) lisääntyminen</b>	- Hyödyntäminen korkean riskitason tehtäviin - Parveilu, ilmatorjunnan kyllästäminen - Muut tehtävät, esim. viestiliikenteen releointi
	- Robotiikka, koneoppiminen jne. monissa arvioissa digitalisaation keskiössä	- Autonomian piirteitä ja visioita, erityisesti UAS ("robotilennokki", parviäly jne.)	<b>Tekoäly</b>	- Esim. tiedon hyödyntäminen, tiedonhankinta, päätöksenteko tai sen tukeminen
	- Tekoälyn kehitys erityisen keskeinen sekä visioissa että nykyhetkellä	- Tekoälystä yksittäisiä mainintoja suoraan IT:ssä - Älykkäitä piirteitä, algoritmit jne.	<b>Teknologian pienentyminen</b>	- Voi kehittää esim. viestijärjestelmiä tai pienten järjestelmien hyödyntämistä erikoistehtävissä
- Erityisesti mobiiliteknologian pienikokoisuus (ml. suorituskyky)	- UAS:t, pienoissatelliitit, matkalaukkuun pakattavat taistelunjohtokeskukset			
<b>Muita huomioita:</b>				
- Itsesynkronointi, joukot kykenevät organisoimaan itse itsensä tilannekuvan avulla	- Valtarakenteiden rikkoutuminen, tietoa kaikkien saatavilla	- Itsesynkronoinnin soveltamisesta ei esimerkkejä ydinaineistossa	- Organisoitumisen muutokset muodossa tai toisessa?	- Itsesynkronoinnin kehitysnäkömät tutkimuksen valossa epäselvät, haasteena mikrojohtaminen?
- Kokonaisuuspuolustus - Viranomaisien yhteistoiminta - Verkottuminen yhteiskuntaan	- Eri toimijoita yhdistävät toimintatavat soveltuvat "toiminnan digitalisaation" ajatusmaailmaan (ml. alustat, ekosysteemit jne.)	Ydinaineistossa verkottumista yhteiskuntaan ei esiinny, vaikka asia voi olla yhä ajankohtainen. Erilaisia kumppanuuksia sivutaan aineistossa.	- Verkottuminen asevoimien (yksittäisten yhteiskunnan sektorien) ulkopuolelle	- Kehitysnäkömät tutkimuksen valossa epäselvät, joskaan merkkejä myöskään niiden ajankohtauuden väistyemisestä on vaikea havaita

## TRENDIANALYYSIN TEEMOJEN YHTEENVETOA

	TEEMA	Teemaa sivunneita asiakokonaisuuksia	
JATKUVUUTTA OSOITTAVAT TRENDIT	<b>Tiedon hyödyntäminen</b>	- Tilannekuvan kehittäminen - HMI / WMI - Operaattorinäkömään informatiivisuus	- Heikkona signaalina myös minimoidun tilannekuvan kehitysnäkömää
	<b>Teknologian kasvava asema</b>	- Laaja automaatio - Prosessointiteho ja ohjelmistollinen kehitys	- Simultaanisuus ja taistelutempo - Älykkäät piirteet ja algoritmit
	<b>Tiedon ja toimintojen verkottuminen</b>	- Yhteinen tilannekuva useilla tasoilla - Tiedon tarjoajien ja tarvitsijoiden liitettävyyden - Synergia ja taistelunkestävyys	- Suorituskykyjen verkottunut käyttö - Taktista etua tarjoava verkottuminen
	<b>Paikkasidon naisuuden väheneminen</b>	- Etähallinnan mahdollistavat järjestelmät - Verkottuneet hajautetut operaatiot - Verkottumisen parantama ulottuvuus	- Uhkien liittyvät ulottuvuuden ja etävai- kuttamisen teemat
	<b>Rajapintojen häilyminen</b>	- Yhteentoimivuus ja integraatio - Kokonaisvaltaisuuden lisääntyminen - Avoin arkkitehtuuri	- Kaupallisen teknologian hyödyntäminen - Toiminto- ja aselajirajojen häilyminen
	<b>Toimintatapojen uudistaminen</b>	- Useat ilmauhkaan liittyvät esimerkit - Tarve ilmatorjunnan uudistumiseen	- Visioita esim. kyber- ja avaruussodan- käynnin soveltamisesta ilmatorjuntaan
NOUSEVAT TRENDIT	<b>Miehitämättömät järjestelmät, robotiikka ja automaatio</b>	- Pääosin miehitämättömät ilma-alukset - Lennokijärjestelmien saatavuus ja hinta - Soveltuvuus korkean riskitason tehtäviin - Ilmasodankäyntiä tukevat tehtävät, esim. yhteydessä miehitettyyn "emoalukseen" - Tiedustelu, valvonta ja maalittaminen - Releioimistehtävät	- Pienten suorituskykyjen kuljettaminen - Parveilevat lennokit, parviälly - Piirteitä autonomiasta ja robotiikasta - Torjuntakeinojen tarve, yleisen tason kuvausta vaihtoehtoisista teknologioista - Miehitämättömästä maajärjestelmästä ainoastaan spekulatiivinen visio
	<b>Tekoäly</b>	- Niukasta esiintyvyydestään huolimatta harvoja suoraan mainittuja digitalisaation teknologioita - Tekoäly ilmasodankäynnissä (tilannetietoisuus, ohjusteknologia, lennokijärjestelmät)	- Ilmatorjunnassa potentiaali esillä - Tekoäly mukana yksittäisen ilmatorjuntajärjestelmän visiossa - Tekoälyä tutkateknologiassa - Mainintoja edistyneistä algoritmeista
	<b>Teknologian pienentyminen</b>	- Pienet lennokijärjestelmät - Pienoissatelliitit (potentiaalia myös tulevaisuuden ilmatorjunnassa)	- Matkalaukuissa siirrettävät taistelun- johtojärjestelmät - MANPAD-järjestelmien vahvuudet
ILMATORJUNNAN ULKOPUOLISET	<b>Ydinaineiston ulkopuolisia digitalisaation teemoja asevoimissa</b>	- Avoimen tiedon tai massadatan hyödyntäminen - Tekoäly, koneoppiminen ja analytiikka - Tekoäly päätöksentekoa tukevissa työkaluissa - Lisätty todellisuus - Autonomisia piirteitä omaavat järjestelmät - Esineiden internet	- Arjen ratkaisujen / arjen teknologia hyödyntäminen - 3D-tulostaminen huollossa ja kunnossapidossa - Päälle puettavat teknologiat - Sosiaalinen media - Tiedustelun "ekosysteemit" (Teemoihin liittyviä tarkempia asiakokonaisuuksia luvussa 5.4)
MUUT HAVAINNOT	<b>Verkostopuolustuksen ja digitalisaation suhde</b>	- Verkostopuolustusta ja digitalisaatiota yhdistävät kaikki jatkuvuutta osoittavat teemat - Muitakin yhteneväisyyksiä, kuten tietovarannot tai esineiden internetiä sivuavat visiot	- Myös paljon yhteneväistä käsitteiden käyttöä, retoriikkaa ja liiketoiminnan ajatusmaailma - Tavoitteet samat?
	<b>Avoimeksi jääneet teemat (verkostopuolustus)</b>	- Kokonaisuunpuolustus ja viranomaistyö lienevät ajankohtaisia yhä, vaikka esiintyvyyden ydinaineistossa niukkaa - Suomalainen erityispiirre? (vrt. KV-aineisto)	- Verkottuneet toimintatavat (vrt. operaattorikeskeinen aineisto) - Verkottuneen puolustuksen ylimmät tasot (vrt. suppeahko aselajinäkökulma)
	<b>Tietovarantoihin liittyvät epävarmuustekijät</b>	- Voi osin johtua korostuvasta operaattoreiden ja reaaliaikaisen tilannekuvan näkökulmista - Tietovarantojen soveltamisen haasteet mahdollisia (esim. kapasiteettivaatimukset)	- Mahdolliset haasteet eivät poissulje si- viiliyhteiskunnan tietovarantojen tren- dejä tai niiden vaikutuksia sodankäyn- tiin
	<b>Itsesynkronointiin liittyvät epävarmuustekijät</b>	- Teeman esiintyminen tuoreissa lähteissä niukkaa - Voisi ilmetä ilmatorjunnassa, kun johdettavan tilannekuva hyvä	- Toisaalta verkottuminen voi johtaa myös mikrojohtamiseen - Parviällyssä piirteitä hävittäjätaktisesta parveilusta

## HAVAINTOJA TRENDIANALYYSIN TEEMOISTA

	TEEMA	Havaintoja
JATKUVUUTTA OSOITTAVAT TRENDIT	Tiedon hyödyntäminen	- Tiedon hyödyntämisen ja informatiivisuuden trendi voi syventyä esimerkiksi tekoälyn (käsittelykyky) ja virtuaali- tai lisätyn todellisuuden (tilannetietoisuus) muodoissa. - Huomioitava on kuitenkin yksittäinen ”heikko signaali” – mahdollista on myös tilannekuvan radikaali minimointi, jolla taataan tiedon jakaminen häiriytissäkin olosuhteissa.
	Teknologian kasvava asema	- Teknologian rooli kasvaa esimerkiksi tekoälyn, robotiikan ja autonomian myötä. - Verkostopuolustuksen näkökulmasta keskeistä erityisesti rooli tiedon käsittelyssä.
	Tiedon ja toimintojen verkottuminen	- Verkottumisen syveneminen välittyy voimakkaana. Erilaisten verkkojen määrä kasvaa ja yhä erilaisempia toimintoja kytketään verkkoon. Trendiä sivuavat esineiden internetin kaltaiset ilmiöt, joita sivutaan myös verkostokeskeisessä sodankäynnissä (2000). - Kybersodankäynnin merkitys välittyy, vaikka onkin rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.
	Paikkasidonaisuuden väheneminen	- Trendi syvenee digitalisaation myötä, jolloin ihmisen fyysinen läsnäolo taistelulentällä vähenee entisestään. Verkottumisen tarjoama ulottuvuus voi mahdollistaa suorituskykyjen käytössä edistyneitä tai yllätyksellisiä taktisia ratkaisuja.
	Rajapintojen häilyminen	- Ei ole poissuljettua, että teknisesti ilmenevä rajapintojen häilyminen alkaa muovata myös organisoitumisen tapoja. Huomioimista edellyttää keskinäisriippuvuuden kasvu.
	Toimintatapojen uudistaminen	- Teknologisen potentiaalin täysimääräinen hyödyntäminen edellyttäne tulevaisuudessakin uusia, rohkeita toimintatapoja.
NOUSEVAT TRENDIT	Miehittämättömät järjestelmät, robotiikka ja automaatio	- Ydinaineiston esimerkit lienevät pelkkä pintaraapaisu miehittämättömien järjestelmien hyödyntämismahdollisuuksista – erityisesti siviiliteknologian hyväksikäytöstä - Myös mahdollisten torjuntavaihtoehtojen skaalan voi tulkita olevan laaja. - Älykkäät miehittämättömät järjestelmät merkitsevät myös mahdollisuuksia. - Tutkimuksen valossa robotiikan ja autonomian piirteet ovat edistyneimmällä tasolla miehittämättömissä ilma-aluksissa. Maajärjestelmien kehitysnäkymät tutkimuksessa epäselvät, mutta osin yleistettävissä (esim. käyttö korkean riskitason tehtäviin).
	Tekoäly	- Tutkimuksen valossa tekoäly on yksi todennäköisimpiä sodankäyntiin välittyviä digitalisaation teknologisia ilmiöitä. Päätelmää tukevat suorat maininnat, järjestelmien älykkäät piirteet ja tekoälyn yhteydet jatkuvuutta osoittaviin teemoihin. - Tekoäly voi parantaa kykyä informaatiotulvan hallitsemiseen. - Tekoäly lisää teknologian roolia suunnittelussa ja päätöksenteossa. - Tekoäly voi tukea myös verkottuneiden suorituskykyjen optimaalista käyttöä. - Se edistää myös miehittämättömien järjestelmien, robotiikan ja autonomian kehitystä.
	Teknologian pienentyminen	- Pienet teknologiat tulevat parantamaan suorituskykyjen liikuteltavuutta, vaikeaa havaittavuutta ja yhä älykkäämpien teknologioiden liittämistä taisteluvälineistöön. - Esim. ilmatorjunnassa myös raskaiden järjestelmien rooli toistaiseksi säilynee.
ILMATORJUNNAN ULKOPUOL.	Ydinaineiston ulkopuolisia digitalisaation teemoja asevoimissa	- Miltei kaikista siviiliyhteiskunnan digitalisaatioon liittyvistä teknologioista ja ratkaisuista esiintyy esimerkkejä myös asevoimiin sovellettuina. - Keskeisimmiksi voi tulkita avoimen tiedon tai big datan hyödyntämiseen liittyvät teemat (yhteydessä tekoälyyn, koneoppimiseen ja analytiikkaan), tilannetietoisuutta kehittävät lisätyn todellisuuden teemat ja arjen teknologian hyväksikäyttöön liittyvät teemat. - Teemat osoittavat, että modernia digitalisaatiota sovelletaan sellaisenaan sodankäyntiin myös nykyhetkellä.
MUUT HAVAINNOT	Verkostopuolustuksen ja digitalisaation suhde	- Miltei yli kahden vuosikymmenen aikajänteelle jakautuviin verkostopuolustuksen ja digitalisaation ilmiöihin liittyy samoja teemoja, myös ydinaineistossa ilmenneiden teemojen lisäksi, mikä osoittaa digitalisaationkin perustuvan osin pitkäaikaiseen kehitykseen. - Sekä verkostopuolustuksesta että digitalisaatiosta välittyy pyrkimys sopeutua teknologiseen muutokseen (jopa vallankumoukseen) ja sen mahdollisuuksien hyödyntämiseen.
	Avoimeksi jääneet teemat (verkostopuolustus)	- Kummassakin tulkitaan pyrittävän moniin samankaltaisiin tavoitteisiin. - Jatkuvuudeltaan avoimeksi jäävät ydinaineiston valossa esimerkiksi verkostopuolustuksen kokonaisuuspuolustusta tai puolustusjärjestelmän ylimpiä tasoja sivuavat ulottuvuudet. Syyksi tulkitaan pääosin ydinaineiston näkökulmien rajautuneisuus.
	Tietovarantoihin liittyvät epävarmuuskijät	- Sodankäyntiin sovellettuna epäselväksi jää verkostopuolustusta ja digitalisaatiota yhdistävien tietovarantojen periaatteiden hyödyntäminen. Voi johtua ydinaineiston näkökulmista, mutta myös esimerkiksi suuriin kapasiteettivaatimuksiin liittyvistä haasteista.
	Itsesynkronointiin liittyvät epävarmuuskijät	- Epäselväksi jää myös verkostopuolustuksessa esiintyvän itsesynkronoinnin teeman ajankohtaisuus. Mahdolliset organisoitumisen muutokset vaikuttavat ilmeisiltä, mutta verkottumiseen liittyy jossain määrin myös mikrojohtamiseen viittaavia piirteitä.