

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**DOTMLPFII-SEURANNAISVAIKUTUSANALYYSI ESINEIDEN  
INTERNETISTÄ SOTILASKÄYTÖSSÄ**

Pro gradu -tutkielma

Yliluutnantti  
Peter Porkka

Sotatieteiden maisterikurssi 7  
Ilmatorjuntaopintosuunta

Huhtikuu 2018

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi <b>Sotatieteiden maisterikurssi 7</b>	Linja <b>Maasotalinja</b>
Tekijä <b>Yliluutnantti Peter Porkka</b>	
Tutkielman nimi <b>DOTMLPFII-SEURANNAISVAIKUTUSANALYYSI ESINEIDEN INTERNETISTÄ SOTILASKÄYTÖSSÄ</b>	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Huhtikuu 2018	Tekstisivuja 64 Liitesivuja 2
<b>TIIVISTELMÄ</b> <p>Esineiden internetillä tarkoitetaan erilaisten esineiden muodostamaa dynaamista globaalia verkkoinfrastruktuuria, joka perustuu standardoituihin ja yhteentoimiviin viestintäprotokolliin, lukuisiin yksilöllisen identiteetin omaaviin esineisiin sekä saumattomiin rajapintoihin esineiden sekä tietoverkkojen välillä. Esineiden internetiä pidetään yhdessä tekoälyn ja robotisaation kanssa yhtenä merkittävimmistä teknologisen kehityksen megatrendeistä.</p> <p>Tässä soveltavassa sotatekniikan tutkimuksessa tutkitaan esineiden internetiä sotilaskäytössä. Tutkimuksen tarkoituksena on perehtyä esineiden internetin käsitteeseen ja analysoida ilmiön mahdollisia sotilaskäytössä synnyttämiä seurannaisvaikutuksia. Tutkimuksessa tarkastellaan, kuinka esineiden internetiä voisi hyödyntää sotilaskäytössä ja minkälaisia mahdollisia seurannaisvaikutuksia siitä seuraisi. Tutkimuksen pääkysymys on: minkälaisia puolustusjärjestelmään kohdistuvia seurannaisvaikutuksia esineiden internet saattaisi tuottaa sotilaskäytössä?</p> <p>Tutkimus on laadullinen tulevaisuudentutkimus. Varsinaisina tutkimusmetodeina tässä tutkimuksessa käytetään aineistolähtöistä sisällönanalyysiä sekä DOTMLPFII-tarkistuslistan ohjaamaa laadullista teknologian vaikutuksia arvioivaa analyysiä. Tutkimuksen kirjallisuusosiossa esineiden internetin käsitettä tutkittiin akateemisen yhteisön, elinkeinoelämän ja sotilaiden näkökulmasta. Seurannaisvaikutusanalyysillä arvioitiin sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin seurannaisvaikutuksia erityisesti kansallisesta näkökulmasta.</p> <p>Tutkimus osoitti kuinka sotilaskäyttöön sovellettu esineiden internet aiheuttaisi todennäköisesti lukuisia muutostarpeita puolustusjärjestelmän eri osajärjestelmissä, joiden yksityiskohmainen määrittely osoittautui kuitenkin vaikeaksi erityisesti tutkimuksesta puuttuneiden taustatietojen takia. Lisäksi sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin yleistymistä pidetään lähitulevaisuudessa melko epätodennäköisenä, sillä muun muassa useat ilmiöön keskeisesti liittyvät teknologiat ovat toistaiseksi vailla yleisiä standardeja.</p>	
<b>AVAINSANAT</b> <p>DOTMLPFII, esineiden internet, johtamisjärjestelmäala, puolustusjärjestelmä, puolustusvoimien yhteiset suorituskyvyt, suorituskyky, vaatimustenhallinta</p>	

# **DOTMLPFII-SEURANNAISVAIKUTUSANALYYSI ESINEIDEN INTERNETISTÄ SOTILASKÄYTÖSSÄ**

## **KUVAT JA TAULUKOT**

1.	JOHDANTO .....	1
1.1.	Aihealueen esittely .....	1
1.2.	Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset .....	2
1.3.	Tutkimuksen rajausta ja viitekehys .....	3
1.4.	Tutkimustilanne .....	6
1.5.	Sotatekniikan tutkimuksesta .....	8
1.6.	Aineiston esittely ja lähdekritiikki .....	11
1.7.	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne .....	13
2.	ESINEIDEN INTERNET .....	15
2.1.	Yleistä .....	15
2.2.	Käyttökohteet ja ominaisuudet .....	20
2.3.	Arvolupaukset .....	23
2.4.	Esineiden internet sotilaskäytössä .....	27
2.5.	Yhteenveto .....	30
3.	SUORITUSKYKYJEN KEHITTÄMINEN .....	33
3.1.	Yleistä .....	33
3.2.	Suorituskyvyn käsitelmä .....	36
3.3.	Analyysiasetelmä .....	39
4.	TULOKSET .....	43
4.1.	Yleistä .....	43
4.2.	Konseptit .....	44
4.3.	Seurannaisvaikutukset .....	47
4.4.	Yhteenveto .....	53
5.	POHDINTA .....	57
5.1.	Johtopäätökset .....	57
5.2.	Tutkimuksen luotettavuudesta ja tulosten käytettävyydestä .....	60
5.3.	Mahdolliset jatkotutkimusaiheet .....	63
	LÄHTEET .....	65
	LIITTEET	

## KUVAT JA TAULUKOT

Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys.....	6
Kuva 2. Esineiden internetiä koskevat vertaisarvioidut akateemiset julkaisut .....	7
Kuva 3. Tutkimuksen tutkimusasetelma .....	14
Kuva 4. Pelkistetty kuvaus esineiden internetistä .....	19
Kuva 5. Esineiden internetin eri tasoja .....	20
Kuva 6. Esineiden internetin järjestelmäarkkitehtuuri .....	21
Kuva 7. Yritysten hyödyt esineiden internetistä .....	24
Kuva 8. Esineiden internet sotilaskäytössä .....	28
Kuva 9. Hankkeen vaiheiden sijoittuminen suhteessa joukon ja järjestelmän elinjaksomalliin sekä Puolustusvoimien toiseen pääprosessiin .....	34
Kuva 10. Suorituskyvyn käsitelmä .....	37
Kuva 11. DOTMLPFI-tarkistuslistan liityntä suorituskyvyn käsitelmän järjestelmänäkymään.....	40
Kuva 12. Analyysiasetelma.....	41
Kuva 13. Maavoimien operatiivinen yhtymä 2035 .....	43
Taulukko 1. Esineiden internetin tiedonsiirtoteknologioita .....	17
Taulukko 2. Esineiden internetin toimintalogiikat.....	25
Taulukko 3. Kooste tutkimuksen analyysiosion tuloksista .....	74

# **DOTMLPFII-SEURANNAISVAIKUTUSANALYYSI ESINEIDEN INTERNETISTÄ SOTILASKÄYTÖSSÄ**

## **1. JOHDANTO**

### **1.1. Aihealueen esittely**

Esineiden internetillä (engl. internet of things) tarkoitetaan erilaisten esineiden ja laitteiden dynaamisesta globaalia verkkoinfrastruktuuria, joka perustuu standardoituihin ja yhteentoimiviin viestintäprotokolliin, lukuisiin yksilöllisen identiteetin omaaviin esineisiin sekä saumattomiin rajapintoihin fyysisten ja virtuaalisten esineiden sekä tietoverkkojen välillä. [21, s. 3; 88, s. 43] Esineiden internetiä pidetään yhdessä tekoälyn ja robotisaation kanssa yhtenä merkittävimmistä teknologisen kehityksen megatrendeistä. Varovaistenkin arvioiden mukaan internetissä on vuoteen 2020 mennessä reilusti yli 20 miljardia yksilöityä laitetta [29, s. 16; 90, s. 16].

Tulevaisuudessa älykkäiden laitteiden uskotaan keräävän, jakavan ja kuluttavan omilla sensoreillaan kokoamaansa informaatiota vuorovaikutuksessa toistensa kanssa käynnistäen toimintoja ja luoden palveluja ilman välitöntä ihmisen myötävaikutusta koko tapahtumaketjuun [88, s. 43]. Tämän katsotaan mullistavan useita toimialoja terveydenhuollosta puolustusjärjestelmiin, ja muutoksilla arvioidaan olevan taloudellisilta seurauksiltaan tuhansien miljardien eurojen positiivinen vaikutus globaalitalouteen [44; 87, s. 113].

Sotilaallisesta näkökulmasta vastaavasta erilaisten järjestelmien verkottumista lisäämään pyrkivästä kehityksestä on puhuttu pitkään verkostokeskeisenä sodankäyntinä (engl. network-centric-warfare, NCW). Esineiden internetin voidaan sotilaallisessa mielessä katsoa olevan verkostokeskeisen sodankäynnin seuraava evolutionäärinen askel, jossa järjestelmien anturointi ja verkottuminen ulotetaan järjestelmien lisäksi niiden komponentteihin asti. Vaikka esineiden internetin laajamittaisesta sotilaallisesta käytöstä on ehkä hieman ennen aikaista puhua, on kiinnostus ilmiötä kohtaan eri maiden puolustusvoimissa kuitenkin kasvussa. Esineiden internetin sotilaallisia käyttökohteita kartoittavia raportteja on julkaistu viimeaikoina ainakin Ruotsissa ja Yhdysvalloissa [95; 72].

## 1.2. Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset

Tämä tutkimus on yleisluontoinen tulevaisuudentutkimuksen keinoin toteutettu tarkastelu voimakkaasti kehittyvän teknologian vaikutuksista sotilaallisiin suorituskyyihin. Tutkimuksen tutkimustehtävänä on kartoittaa minkälaisia vaikutuksia yksi merkittävimmistä tämän hetken teknologisen kehityksen megatrendeistä aikaansaa sotilaallisessa toiminnassa. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena on kuvata kehittyvän teknologian todennäköisiä vaikutuksia arvioivan analyysin ja Puolustusvoimien sotilaallisten suorituskyyjen kehittämisprosessin välistä yhteyttä.

Tämä tutkimusaihe on syntynyt Pääesikunnan suunnitteluosaston aloitteesta. Esineiden internetiä käsittelevä tutkimusaihe oli esitetty Maanpuolustuskorkeakoulun opinnäytetöiden aihe-  
tarjottimella sekä sotataidon, johtamisen että sotatekniikan ainelaitoksille tehtäviksi. Alkuperäisen tehtävänannon mukaan tutkimuksen tavoitteena tulisi ainelaitokseen katsomatta olla tutkia esineiden internet -ilmiön sotilaallisia vaikutuksia ja mahdollisia soveltamiskohteita. Tämä tutkimus on tehty tälle alkuperäistavoitteelle uskollisena sotateknisestä näkökulmasta.

Tähän tutkimukseen tarkentuneen tavoitteen myötä tutkimuksesta on pyritty laatimaan mielenkiintoinen paitsi teknologisen kehityksen vaikutuksista kiinnostuneille, myös suorituskyyjen kehittämisessä mukana oleville. Tavoitteena on ollut yhdistää sotatekniikan yläkäsitteeseen kuuluvat järjestelmätekniinen ja sotataloudellinen näkemys yhdeksi esineiden internetiä kokonaisvaltaisesti tarkastelevaksi kokonaisuudeksi. Tässä tutkimuksessa teknologisen kehityksen potentiaalisia vaikutuksia tarkastellaan yleisluontoisesti ja toteutusriippumattomasti DOTMLPFI-tarkistuslistan kautta.

Tutkimuksen ajankohtaisuutta ja tarkoituksenmukaisuutta korostaa sotilaallisten järjestelmien jatkuvasti kasvavien yksikkökustannusten mukanaan tuoma tarve entistä resurssitehokkaampaan suunnitteluun. Edelleen teknologian kehittyminen, järjestelmien teknistyminen ja verkottuminen tekevät yhdessä kustannuspaineiden kanssa suorituskyyyn luomisesta jatkuvasti haastavampaa. Näiden valossa tulevaisuuden suorituskyyjen ennakoiva pohtiminen on erityisen tärkeää.

Tutkimuksen merkityksellisyyttä erityisesti sotateknisen tutkimusalan kannalta alleviivaa myös suorituskyyjen suunnittelussa laadittujen puutteellisten tai virheellisten vaatimusten myöhemmästä korjauksesta koituvat kustannusvaikutukset. Järjestelmien käyttöönottovaiheessa tehtävien muutosten kustannusvaikutukset voivatkin yhden arvion mukaan olla jopa 200-kertaiset vaatimusten alkuperäiseen määrittelyvaiheeseen nähden [55, s. 50].

Tutkimuksen varsinainen tutkimuskysymys on:

- Minkälaisia puolustusjärjestelmään kohdistuvia seurannaisvaikutuksia esineiden internet saattaisi tuottaa sotilaskäytössä?

Varsinaiseen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi tutkimuksessa vastataan myös kolmeen alatutkimuskysymykseen. Tutkimusta ohjanneet tarkennetut alatutkimuskysymykset ovat:

- Mikä on esineiden internet?
- Miten DOTMLPFI-tarkistuslistaa hyödynnetään Puolustusvoimissa osana suorituskykyjen kehittämistä?
- Minkälaisia sotilaallisia käyttökohteita esineiden internetillä voisi olla?

Kyseessä ei siis ole sotateknisen kehityksen arvio tai ennuste, vaan eri lähteistä muodostetun synteesin perusteella tehty seurannaisvaikutusanalyysi teknologisen kehityksen vaikutuksista paitsi sotilaallisiin suorituskykyihin, myös puolustusjärjestelmään kohdistuviin seurannaisvaikutuksiin. Systemaattisen DOTMLPFI-tarkastelun tavoitteena on sekä arvioida esineiden internetin sotilaallista käytettävyyttä tulevaisuudessa, myös tunnistaa mahdollisimman monia sellaisia puolustusjärjestelmän eri osa-alueisiin kohdistuvia vaikutuksia, joita esineiden internetin soveltaminen sotilaskäytössä luultavasti aiheuttaisi.

### 1.3. Tutkimuksen rajausta ja viitekehys

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan teknologisen kehityksen synnyttämiä mahdollisia puolustusjärjestelmään kohdistuvia vaikutuksia suorituskyvyn käsittemallin ja siihen keskeisesti liittyvän DOTMLPFI-tarkistuslistan kautta. Varsinaista suorituskyvyn käsittemallia tai suorituskykyjen rakentamisen ja ylläpidon prosesseja ei tässä tutkimuksessa tarkastella kuin ainoastaan sen verran, mitä niitä on tietyissä tutkielman kohdissa kokonaisuuden hahmottamiseksi välttämätöntä tarpeen sivuta.

Uuden teknologisen innovaation yksityiskohtiin menevä tekninen tarkastelu rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle. Uusien suorituskykyjen kehityksessä ammattisotilaiden tehtävänä ei tavallisesti ole niinkään järjestelmien yksityiskohtainen suunnittelu, vaan pikemmin ammattimainen ja systemaattinen vaatimustenhallinta ja -määrittely. Järjestelmien teknisen spesifikaation laatii yleensä järjestelmätoimittaja [55, s. 94].

Tämä tutkimus ei kuitenkaan ole yksityiskohtainen vaatimusmäärittely, vaan ennemmin yhtä vaatimustenhallintaprosessiin liittyvää työkalua soveltava tutkimus. Vaatimustenhallinta on silti tärkeä osa suorituskykyjen rakentamista ja siksi sekin on syytä tässä yhteydessä mainita. Puhtaan vaatimusmäärittelyn sijasta tätä tutkimusta voi luonnehtia osaksi järjestelmän vuorovaikutussuhteiden hallintaa, eli suorituskyvyn tuottamisen hallintaa (engl. systems engineering). [55, s. 9]

Lisäksi koska tämä tutkimus ei suoranaisesti liity mihinkään yksittäiseen käynnissä tai edes suunnitteilla olevaan suorituskykyhankkeeseen, käsitellään tässä työssä lähinnä suorituskykyjen elinjaksomallin konseptointivaiheen asioita. Puolustusvoimissa käytettävän elinjakso-mallin vaiheet ovat ISO/IEC-15288 standardiin perustuen konsepti, määrittely, suunnittelu ja kehittäminen, rakentaminen, käyttö ja ylläpito sekä purku [28, s. 8]. Suorituskykyjen konseptointivaiheen katsotaan kuuluvan osaksi Puolustusvoimien strategista suunnittelua, sillä suorituskykyjen osatekijöiden suunnittelun lähtökohtina ovat Puolustusvoimien ensimmäisessä pääprosessissa laaditut joukkojen ja järjestelmien suorituskyky- ja vaikuttavuusvaatimukset [76, s. 17].

Päätöstä tarkastella aihetta toteutusriippumattomien näkökulmien kautta puoltaa myös se, että Puolustusvoimien ja puolustusjärjestelmän suorituskykyjen kehittäminen on uhkalähtöisyyden ja resurssitietoisien toiminnan lisäksi myös suorituskykyperusteista. Suorituskykyperusteisessa kehittämisessä suorituskyvyn tarve ja sen ratkaisu pyritään erottamaan suunnittelun alkuvaiheessa toisistaan. Tällöin on mahdollista tarkastella tarvittavia suorituskykyjä mahdollisimman kokonaisvaltaisesti eri osatekijät huomioiden ja löytää resurssitietoisia, uusia kustannustehokkaita ratkaisuja niiden toteuttamiseksi. [60, s.12]

Tutkimuksessa ei käsitellä esineiden internetin teknisen toteutuksen yksityiskohtia eikä ilmiön laaja-alaisen yleistymisen edellytyksenä pidettävää turvallisuusnäkökulmaa, vaikka viime aikoina isoja verkkohyökkäyksiä on tehty internetiin kytkettyjä suojaamattomia laitteita hyväksi käyttäen [15]. Esineiden internetin turvallisuusnäkökulmat ovat ainakin tiedeyhteisön keskuudessa hyvin tunnistettuja, mikä ilmenee ilmiön turvallisuutta korostavista näkökulmista laadittujen julkaisujen mittavasta lukumäärästä. Myös useat tietoturva-asiantuntijat pitävät esineiden internetin laajentumista huolestuttavana kehityksenä [22]. Tästä turvallisuustekijöiden saamista huomiosta johtuen sen näkökulman käsittely tässä tutkimuksessa sivuutetaan. Sen sijaan tässä tutkimuksessa painotetaan esineiden internetin lisäarvoa tuottavaa vaikutusta, siis miksi ja miten esineiden internetin voidaan olettaa tulevan osaksi myös sotilaallista toimintaa.

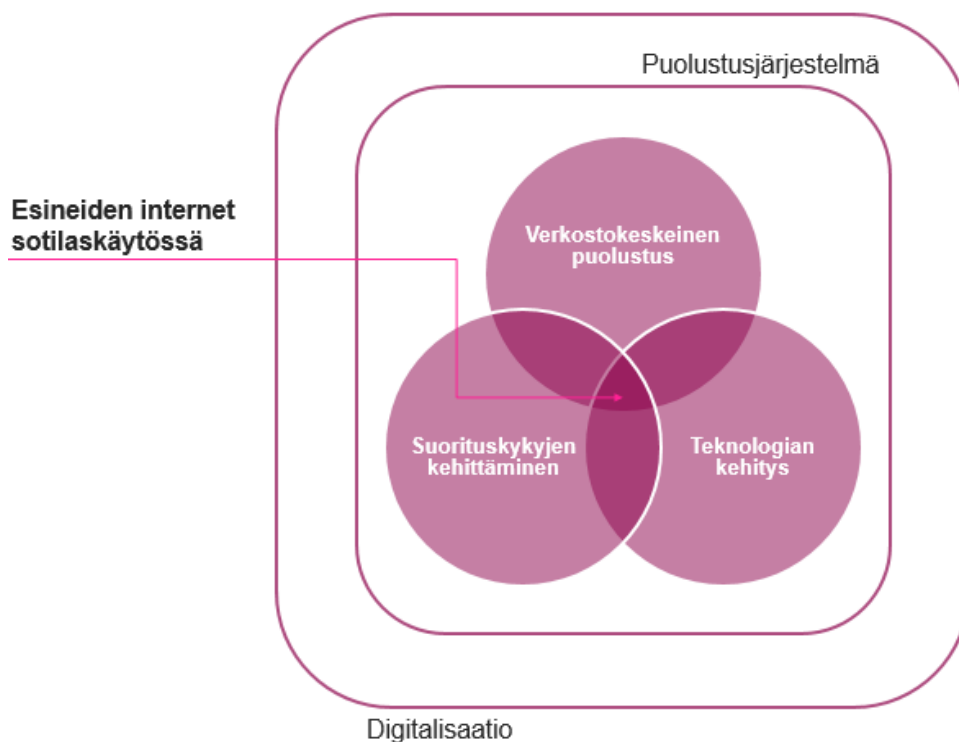


Esineiden internetin sotilaallisia käyttökohteita tutkittaessa sovelletaan sellaista oletusta, että elinkeinoelämässä ja teollisuudessa kehittyvät teknologiat toimivat myös sotilaallisella puolella suorituskykyvaatimuksia työntävällä tavalla (engl. technology push) mahdollistaen tulevaisuudessa kenties järjestelmien suoritusarvojen parantamisen tai jopa kokonaan uudenlaisten suorituskykyjen kehittämisen. Yksinkertaistaen siis oletetaan, että liike-elämässä ja teollisuudessa yleistyvät ratkaisut ja toimintalogiikat tulevat monelta osin ennemmin tai myöhemmin muodossa tai toisessa myös osaksi puolustusjärjestelmiä.

Tämän oletuksen paikkansapitävyydellä on myös paljon historiallista todistusarvoa, sillä kaupallisten tuotteiden (engl. commercial-off-the-shelf, COTS) yleistyminen räätälöityjen ratkaisujen sijasta on asevoimissa moneen kertaan todeksi osoitettu. Yhtenä ajankohtaisena esimerkkinä näistä toiminee esimerkiksi erilaiset pienet lennokit, joiden käyttäjiin lukeutuvat niin asevoimat kuin erilaiset ei-valtiolliset toimijatkin [61]. Lisäksi myös teknisesti vertailukohtiensa absoluuttisia suoritusarvoja heikommatkin ratkaisut ovat yleistyneet myös sotilasjärjestelmissä, jos niillä on vain ollut tukenaan vaihtoehtojaan suuremmat markkinavoimat [35, s. 39].

Varsinaisen esineiden internet -ilmiön osalta tutkimus rajattiin kokonaiseen järjestelmiin ja järjestelmien järjestelmiin painottuvaksi, ei niinkään yksittäisiin komponentteihin tai laitteisiin keskittyväksi. Tutkimus toteutettiin myös suorituskykylähtöisenä, jolloin järjestelmätasollakin pyrittiin välttämään liiaksi yksityiskohtiin menevää tarkastelua. Tällä rajauksella pyritään lisäämään tutkimuksen ajallista käytettävyyttä tarkastelemalla esineiden internetiä mahdollisimman holistisesti. Kokonaisvaltaista tarkastelunäkökulmaa tukee muun muassa jo mainitun teknologian nopean kehityksen seurauksena teknisiin yksityiskohtiin menevien tutkimusten lyhyt käyttöikä.

Tutkittavan ilmiön liityntää aihetta sivuaviin muihin näkökulmiin on esitetty kuvassa 1. Tutkimuksen teoreettista viitekehystä esittävässä kuvassa havainnollistetaan teknologisen kehityksen, länsimaisten asevoimien kehitystä ohjanneen verkostokeskeisen puolustuksen ja tulevaisuudentutkimuksen tutkimusmetodeja hyödyntävän suorituskykyjen kehittämisprosessin keskinäisriippuvuutta digitalisoituvassa toimintaympäristössä.



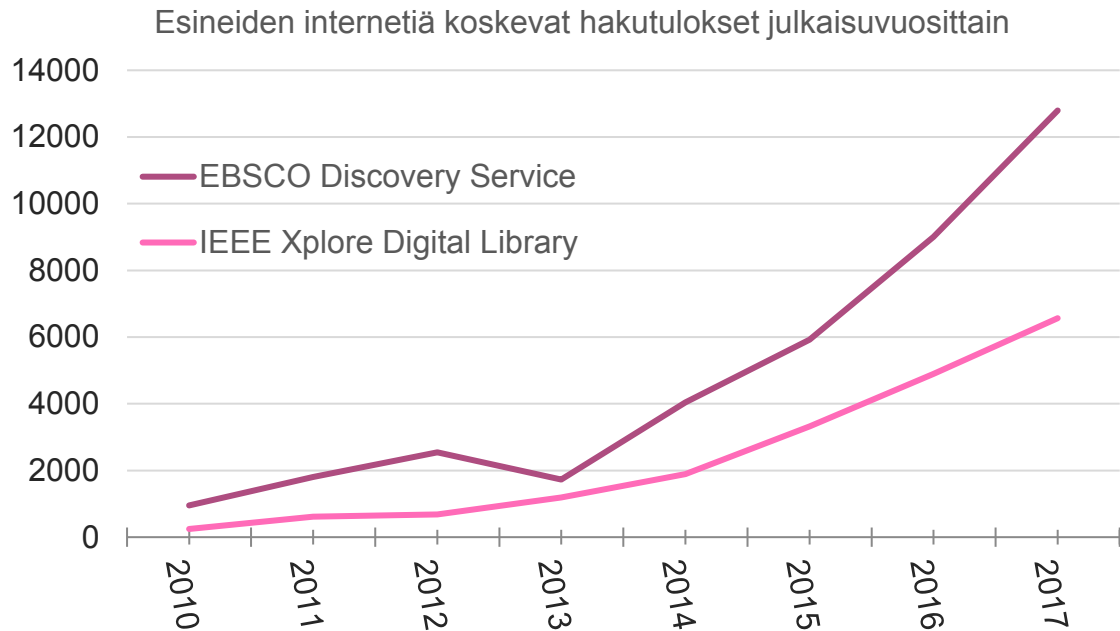
Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys

#### 1.4. Tutkimustilanne

Esineiden internetiä koskevaa tutkimusta on tehty paljon ja tehdään edelleen kiihtyvään tahtiin. Tutkimuskirjallisuuden ja lähdeaineiston runsaudenpulaa selittänee osaltaan esimerkiksi teknologiatutkimusyhtiö Gartnerin aihetta koskevat havainnot. Esineiden internet on noteerattu useasti tutkimusyhtiön vuosittain julkaisemassa kehittyviä teknologioita tarkastelevassa hypekäyrässä. Uusimmissa Hype Cycle for Emerging Technologies -julkaisuissa Gartner on tosin jo luopunut vuonna 2015 kuvaajansa huipulla olleesta esineiden internet -termistä, mutta ei ilmiön merkityksettömyyden, vaan teknologian arvioitua nopeamman kypsymisen vuoksi. Pelkän esineiden internetin sijasta yhtiö ennustaakin nykyään erilaisten alustojen (engl. IoT platform) olevan seuraava esineiden internetin voimakkaasti kehittyvä osa-alue. [90, s. 40]

Suomalaisten korkeakoulujen osalta muun muassa Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Oulun yliopisto sekä Aalto-yliopisto ovat julkaisseet viime vuosina useita esineiden internetin liiketoiminnallisia hyötyjä kartoittavia tutkimuksia ja projekteja. Lisäksi Aalto-yliopisto on osallistunut yhteistyössä Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen ja Teknologian tutkimuskeskuksen kanssa teollisen internetin tilaa taustoittavan raportin laadintaan [29]. Vuonna 2015 julkaistu Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi -raportti käsittelee internet-talouden vaikutuksia Suomalaiseen teollisuuteen osana globaalia kehitystä.

Kansainvälisen tiedeyhteisön kiinnostus esineiden internetiin on myös kasvanut voimakkaasti. Kuvassa 2 on esitetty EBSCO Discovery Service ja IEEE Xplore Digital Library -hakukoneilla ”Internet of Things” -hakusanaa käyttäen tehtyjen tietohakujen tulokset. Kuvaajasta nähdään vertaisarvioitujen akateemisten julkaisujen määrän voimakas kasvu viime vuosina.



Kuva 2. Esineiden internetiä koskevat vertaisarvioidut akateemiset julkaisut

Esineiden internetin sotilaallisia ulottuvuuksia pohtivia julkaisuja löytyi myös joitakin, mutta huomattavasti ilmiön yleisluontoisia tarkasteluja vähemmän. Maanpuolustuskorkeakoulussa tähän liittyviä tutkimuksia ei tiettävästi ole tehty lainkaan.

Eri maiden asevoimien kasvavaa kiinnostusta aihetta kohtaan kuvaa kuitenkin muun muassa Naton tiede- ja teknologiaorganisaation (engl. NATO Science and Technology Organization, STO) vuonna 2016 käynnistämä monikansallinen esineiden internetin sotilaallisia käyttökohteita tarkasteleva tutkimusohjelma IST-147 (engl. Information Systems Technology Panel) [79]. Myös Puolustusvoimien tutkimuslaitos on osallisena kyseisessä tutkimuksessa.

Puolustusteollisuuden osalta taas esimerkiksi Lockheed Martin [40] sekä teknologiayhtiö Intelin tytäryhtiö Wind River Systems [91] ovat pohtineet esineiden internetin vaikutuksia sotilasjärjestelmiin. Lisäksi myös yhdysvaltalainen ajatushautomo Center for Strategic & International Studies on julkaissut vuonna 2015 teoksen Leveraging the Internet of Things for a more efficient and effective military [95]. Edelleen Yhdysvaltain kansallinen tiedusteluneuvosto (engl. US National Intelligence Council) sisällytti esineiden internetin jo vuonna 2008 eräässä raportissaan yhdeksi kuudesta kartoittamastaan pitkän aikavälin potentiaalisesta

talous- ja puolustusjärjestelmää uudelleen määrittävästä teknologiasta. Raportissa esineiden internetin katsottiin oikein toteutettuna tuottavan merkittävää hyötyä muun muassa toimitusketjujen ja logistiikan tehostamisessa, ihmistyövoimatarpeen supistamisessa sekä ylipäättään toimintojen kokonaisvaltaisessa tehostuksessa [51, s. 27].

Suoranaisesti esineiden internetin ja sotilaallisten suorituskkyjen välistä suhdetta pohtivia julkaisuja löytyi edellä mainittujen yhdysvaltalaisten raporttien lisäksi joitakin. Sen sijaan suorituskkyjen kehittämistä laajemmassa mittakaavassa tarkastelevia julkaisuja löytyy jo huomattavasti enemmän. Tässä työssä suorituskkyjen kehittämisen tarkastelu pohjautuu erityisesti Puolustusvoimien omien sisäisten ohjeiden ja insinöörieversti Jyri Kosolan laatimiin ja Maanpuolustuskorkeakoulussa laajalti käytettyihin oppimateriaaleihin.

Aihealuetta käsittelevän kirjallisuuden ja tutkimusaineiston laajuudesta huolimatta esineiden internet -ilmiön sotilaallisia ulottuvuuksia tarkastelevaa yleisluontoista teosta ei ainakaan suomalaisesta näkökulmasta tiettävästi ole julkaistu. Vuoden 2017 loppupuolella Ruotsin maanpuolustuskorkeakoulussa on kuitenkin saatettu julkisuuteen yleisluontoinen raportti tulevaisuuden teknologioiden sotilaallisesta käytettävyydestä, jossa myös esineiden internetin sotilasulottuvuutta kartoitettiin tässäkin työssä käytetyn DOTMLPFI-tarkistuslistan avulla [72, s. 13]. Ilmiötä käsittelevän kirjallisuuden puutteesta johtuen tämä työ pyrkii olemaan aihealuetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti käsittelevä teos niiltä osin, kun se tämän työn laajuudessa ylipäättään on mahdollista.

Tutkimuksen ajankohtaisuutta ja tarpeellisuutta Puolustusvoimissa korostaa tämän raportin kirjoitushetkellä käynnissä oleva M18-johtamisjärjestelmähanke, jonka seurauksena Puolustusvoimissa on tarkoitus siirtyä analogisesta tiedonsiirrosta IP-tiedonsiirtoon [41]. Modernin langattomaan tiedonsiirtoon perustuvan johtamisjärjestelmän myötä ainakin tekniset edellytykset laajamittaiselle sotilasesineiden internetille ovat täten aikaisempaa paremmat.

### 1.5. Sotatekniikan tutkimuksesta

Tällä tutkimuksella on tyypillisen sotatekniikan tutkimuksen tapaan perinteiselle tieteenteolle hieman omintakeinen lähtökohta. Tämä tutkimus nimittäin edustaa paikoin paljon enemmän suorituskkyjen kehittämiseen liittyvää ideointityötä, kuin perinteisen tiukasti ymmärrettyä tieteellistä tutkimusta. Tällaisessa työssä oikeiden kysymysten kartoittaminen on usein tärkeämpää kuin vielä valmiiden vastausten antaminen. Akateemiselle tutkimukselle laajasti ymmärrettynä tällainen työskentely on paikoin hieman vieras, mutta tekniikan tutkimuksessa se on kuitenkin melko yleistä.

Tekniikan tutkimuksen tarkoituksena on useimmiten kehittää uusi tai aiempaa parempi laite tai menetelmä, eikä tarkoituksena monestikaan ole tuottaa varsinaisesti uutta tietoa [39, s. 3]. Tekniikan tutkimus on näin ollen usein lähempänä tutkimuksen välinearvoa korostavaa soveltavaa tutkimusta, kuin yliopistoihin perinteisesti yhdistettävää perustutkimusta. Soveltava tutkimus keskittyy tavallisesti löytämään joko uusia käyttökohteita perustutkimuksen tuottamalle tiedolle, tai se voi pyrkiä määrittelemään uusia menetelmiä ja keinoja tiettyjen ennalta määrättyjen tavoitteiden saavuttamiseksi [62, s. 126].

Soveltavaan tutkimukseen kytkeytyvä ajatus tuotantoprosessien rationaalisesta suunnittelusta ja ohjaamisesta voidaan nähdä yhdistyvän luonnontieteille ominaiseen tekniseen tiedonintressiin [52, s. 70]. Tästä yhtenäisestä tiedonintressistä huolimatta tekniikan tutkimuksen ja luonnontieteellisen tutkimuksen välillä on havaittavissa kuitenkin useita eroavaisuuksia, erityisesti tutkimusten päämäärissä. Siinä missä luonnontieteellinen tutkimus pyrkii useimmiten lisäämään tietoa maailmasta, pyrkii tekninen tutkimus löytämään sen hallitsemista edistäviä keinoja. Lisäksi vaikka tieteellisen tutkimuksen ja sen tuottaman uuden tiedon arvoon liittyviä näkemyksiä on erilaisista tieteenfilosofisista lähtökohdista riippuen useita, yhdistää niitä tavallisesti näkemys tieteen tekemisen pyyteettömyydestä ja intressivapaista tavoitteista [52, s. 68–77]. Näin ei kuitenkaan tekniikan tutkimuksessa yleisesti ole, vaan tutkimuksen hyötyyn tähtäävä kannustin on usein ilmeinen. Tästä johtuen tekniikan tutkimuksen voidaan nähdä olevan erottamaton osa uusien järjestelmien, keinojen ja laitteiden tuotekehitystä. [27, s. 16]

Tekniikan tutkimuksen tulokset eivät useinkaan ole aivan samanlaisia muuhun perinteisen tieteellisen tutkimuksen tuloksiin verrattuna. Vaikka tekninen ja matemaattis-luonnontieteellinen tutkimus ovat menetelmiltään usein toisiaan lähellä, tekniikan tutkimuksen tulokset ovat tutkimusten ongelmien asettelusta johtuen kuitenkin harvoin yleistettäviä tai pysyviä. Lisäksi tulokset ovat myös vastoin Peircen kriteerejä [83, s. 44] harvoin sellaisenaan edes täysin toistettavia. Edelleen teknologisen kehityksen nopeatempoisuudesta seuraten ne ovat käyttöiltään yleensä myös sangen lyhyitä [27, s. 17].

Mitä tulee taas varsinaiseen sotatekniseen tutkimukseen, niin sen vertaaminen yleiseen tekniseen tutkimukseen ei näennäisistä yhtäläisyyksistä huolimatta ole täysin ongelmatonta. Vaikka sotatekniikkaa pidetäänkin perustavana sotatieteenä, eli sen tieteenfilosofia perustuu sen emotieteenä pidettävän tekniikan tutkimuksen tiedekäsitykseen, on näiden kahden tieteenalan välillä myös huomattava määrä eroavaisuuksia [62, s. 112].

Edelleen vaikka sotatekniikan tutkimuksessa hyödynnetäänkin tavallisesti yleisen tekniikan tutkimuksen tavoin matemaattis-luonnontieteellisten tieteenalojen menetelmiä ja tuloksia, ei sotatekniikkaa voida näistä yhtenäisistä metodologisista näkemyksistä huolimatta suoraan rinnastaa tekniikan tutkimukseen. Tämä johtuu muun muassa sotatekniikan tutkimusmenetelmien poikkeuksellisesta humanistisen perinteen ja taktisen näkemyksen sävyttämästä luonteesta [62, s. 113].

Tekniikan tutkimukselle ominaisen empiristisen tieteenfilosofian traditiosta poiketen humanistista tieteenfilosofiaa hallitsee hermeneuttinen tiedonintressi, joka liittyy ilmiöiden merkitysten tulkitsemiseen ja ymmärtämiseen. Tosin hermeneutiikkakaan ei enää pyri olemaan ainoastaan humanististen tieteiden filosofiaa, vaan se tähtää kaiken tulkitsevan tiedostamisen perusteiden selvittämiseen [52, s. 59]. Sotatekniikan tutkimus voidaan nähdä siis puhtaan empiristisen tieteen sijasta ainakin osittain myös tulkitsevana tieteenalana, varsinkin kun sotatalouden katsotaan kansantaloustieteitä soveltavan oppinsa kanssa olevan varsin tiiviissä yhteydessä sotatekniikkaan. Näin ollen sotatekniikan puhtaan empirististä tutkimuksen perustaa on koeteltu jo nyt, vaikka operaatiotaidon ja taktiikan ontologisia ja epistemologisia oletuksia ei ole vielä edes käsitelty.

Tästä sotatekniikan jokseenkin tieteidenvälisestä ja perinteisiä tieteellisyyden kriteerejä haastavasta luonteesta johtuen sotateknistä tutkimusta voi tehdä hyvin moninaisin tavoin [39]. Tässä tutkimuksessa sotateknistä tutkimusta tehdään tulevaisuudentutkimuksen näkökulmasta, vaikka myös sen asema on niin sotatekniikan tutkimusmetodina [26, s. 113; 62, s. 113] kuin tieteeenteossa laajemminkin melko kiistanalainen [30, s. 19; 50]. Lisäksi tulevaisuudentutkimus omalta osaltaan haastaa jo muutenkin koeteltua sotatekniikan tutkimuksen empirististä tietoteorian perinnettä, sillä tulevaisuuden tutkiminen empiristisin keinoin ei ole edes mahdollista.

Edelleen tulevaisuudentutkimus eroaa ratkaisevasti monesta muuta tieteenalasta myös siinä mielessä, että tulevaisuudentutkimuksen tieteenalalla tehtyjä väitteitä ei voida verifioida tai falsifioida kuin korkeintaan ajan kuluessa [62, s. 165]. Tällöinkin sen vaikutus on lähinnä kosmeettinen, sillä esimerkiksi strategiatyöskentelyn tukena tehty tulevaisuudentutkimus täyttää usein tehtävänsä jo tutkimuksen laatimisvaiheessa. Näin ollen sen myöhäisempi paikkansa-pitävyys tai pitämättömyys on usein merkityksetöntä. Tätä käsitellään laajemmin tutkimuksen luotettavuutta arvioivassa luvussa.

Tulevaisuudentutkimuksen soveltaminen on kuitenkin erityisesti juuri tekniikan tutkimuksessa tärkeää, sillä liiallinen keskittyminen nykyaikaan tai lähitulevaisuuteen saattaa johtaa toteutusvaiheeseen päätyneen teknisen ratkaisun olevan teknologian nopean kehitysvauhdin takia jo valmistuessaan vanhentunutta [62, s. 113]. Tavallisesti tekniikan tutkimuksissa ei kuitenkaan sen enempää tutkimuksen metodologisia lähtökohtia pohdita, mutta tässä yhteydessä se koettiin epätavanomaisen tutkimusasetelman ja tutkimusmenetelmien luonteesta johtuen tarpeelliseksi.

## 1.6. Aineiston esittely ja lähdekritiikki

Kirjallisuustutkimuksen onnistumisen edellytyksenä on hyvin toteutettu tutkimusaineiston hankinta. Tässä tutkimuksessa pääasiallinen tutkimusaineisto koostui paitsi alaan liittyvästä peruskirjallisuudesta, myös ajankohtaisista tieteellisistä julkaisuista ja konferenssiraporteista. Käsiteltävän aineiston ajankohtaisuutta osoittamaan ja tiettyjä näkökulmia korostamaan aineistoa laajennettiin ajankohtaisilla uutisilla ja tutkimuslaitosten sekä ajatuspajojen julkaisuilla. Tutkimuksen teoriaosuuden laadinnassa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman kattavasti vertaisarvioituja tieteellisiä julkaisuja ja konferenssiraportteja. Näiden perusteella muodostettua yleiskäsitystä tarkennettiin erikseen kohdennetuin hakukriteerein hankittujen teosten avulla.

Aineiston hankinnassa hyödynnettiin enimmäkseen Scopus- ja EBSCO Discovery Service -tietokantoja. Tutkimusaineistoa kerättiin molemmista tietokannoista erityisesti hakusanoilla ”Internet of things” ja ”military” erilaisin kombinaatioin. Lisäksi hakutuloksia rajaamaan ehdoiksi asetettiin julkaisujen englanninkielisyys sekä vuosi 2010 tai myöhäisempi julkaisuajankohta. Näin aineistosta karsittiin jo hakuvaiheessa pois sellaiset julkaisut, joita ei olisi tässä tutkimuksessa voinut joko kielimuurin takia tai oletettavasti joltain osin vanhentuneen tiedon vuoksi käyttää. Aineistonhankintaa täydennettiin myös Google Scholar -hakupalvelua hyödyntäen.

Molemmilla hakusanoilla sekä kaikkien palveluiden tietokannoista löytyi useita hakuehtoihin sopivia artikkeleita. Näiden tarkempaa soveltuvuutta arvioitiin paitsi julkaisujen abstraktien, myös niihin kohdistuneiden viittausten lukumäärän perusteella. Lisäksi arvioinnissa painotettiin julkaisujen mahdollisimman teknologiariippumattomia näkökulmia, jonka myötä mahdollisuutta jo vanhentuneen tiedon käsittelyyn arvioitiin pienenevän.

Erityisesti tutkimuksen teoriaosuutta käsittelevää aineistoa valittaessa julkaisuja arvioitiin niiden yleisluontoisuuden ja viittausten perusteella. Vaikka ajallinen etäisyys osaan näistä julkaisuista onkin jo useita vuosia, mitä voidaan korkean teknologian kehityksen osalta pitää melko pitkänä aikana, painotettiin julkaisujen hyödynnettävyyden arvioinnissa niiden yleisluontoista tarkastelunäkökulmaa ja niihin kohdistuvien viittausten lukumäärää ajankohtaisuutta enemmän. Tämän seurauksena osa aineistosta on julkaistu jo lähes vuosikymmen sitten, mutta toisaalta niihin on viitattu hieman lähteestä riippuen kymmenistä jopa tuhansiin kertoihin. Tämän arvioitiin lisäävän lähteiden luotettavuutta. Lisäksi hieman vanhempien lähteiden noteeraamisella mahdollistettiin myös esineiden internetin lähihistorian kehityksen tarkastelu siltä osin, mitä lähteiden ajallinen hajautus sen mahdollisti.

Varsinainen aineiston analyysi toteutettiin erityisesti tutkimuksen toisen luvun osalta lähteistä yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia etsien. Kutakin aineistona käytettyä julkaisua arvioitiin ennalta määrättyjen kysymysten kautta pyrkimyksenä tutkia paitsi aineistojen ilmisältyjä, myös esineiden internetin yleistymisen taustalla vaikuttavaa toimintalogiikkaa ja arvoajureita. Esineiden internetin yleistä olemusta pyrittiin ymmärtämään käsittelemällä kutakin aineistona käytettyä julkaisua samalla tavalla. Julkaisuista pyrittiin etsimään erityisesti näkemyksiä esineiden internetin määritelmästä, ilmiön ominaispiirteistä, mahdollisista käyttökohteista ja lisäarvoa synnyttävistä toimintalogiikoista.

Esineiden internetin sotilaallisia ulottuvuuksia käsitteleviä julkaisuja löytyi tietokannoista huomattavasti vähemmän, mutta siltikin tällaisen tutkimuksen näkökulmasta vähintään riittävästi. Näiden luotettavuuden arvioinnissa ei kuitenkaan voitu kaikilta osin soveltaa samoja kriteerejä kuin yleisluontoisempien artikkeleiden osalta, sillä valtaosaan julkaisuista ei ollut viitattu kertaakaan. Tällaisten julkaisujen sopivuuden arvioinnissa painotettiin kuitenkin artikkelien abstraktien sisältöä siten, että aineistoksi pyrittiin valikoimaan erityisesti sellaisia teoksia, jotka käsitelivät tutkittavaa asiaa mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Kovin seikkaperäisesti vain johonkin määrättyyn ongelmaan keskittyneet julkaisut pyrittiin jättämään tutkimuksen rajauksen puitteissa tarkastelun ulkopuolelle.

Yhteistä monille tässä työssä tutkituille julkaisuilla vaikuttaisi olevan usein niiden tekninen ja pragmaattinen luonne. Moni esineiden internetiä käsittelevistä akateemisista tutkimuksista pyrkii perinteisen tekniikan tutkimuksen tapaan jonkin määrätyn ongelman ratkaisuun ja sitä kautta ilmiön käytettävyyden parantamiseen. Lisäksi eritoten elinkeinoelämää edustavissa julkaisuissa on akateemisista töistä poiketen erotettavissa esineiden internetiin huomattavasti optimistisempia näkökulmia. Osaan näistä lienee syytä suhtautua varauksella, sillä monen tällaisen julkaisun voi epäillä laaditun puhtaasti markkinointitarkoituksessa.



## 1.7. Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne

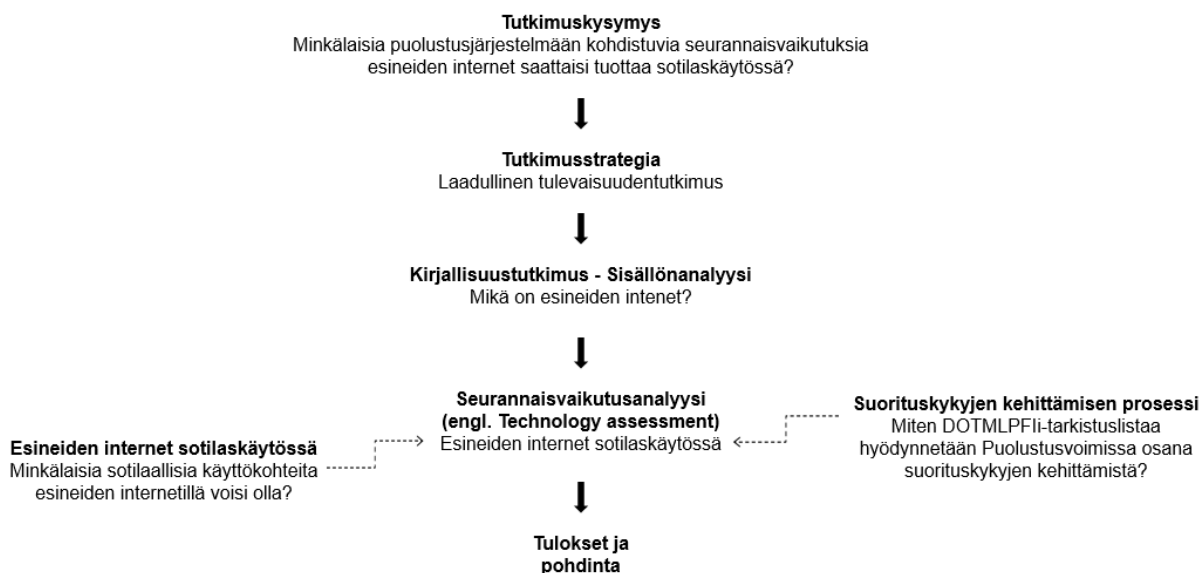
Tutkimusstrategialtaan ja metodologialtaan tämä tutkimus on sotatekniikan menetelmäopin perinteitä haastava laadullinen tulevaisuudentutkimus. Varsinaisina tutkimusmetodeina tässä tutkimuksessa käytettiin kirjallisuustutkimusta ja siihen perustuvaa laadullista teknologian vaikutuksia arvioivaa analyysia (engl. technology assessment).

Tekniikan tutkimuksissa kirjallisuusosuus voidaan tavallisesti nähdä vain välttämättömänä kokeellisen tai soveltavan tutkimuksen esivaiheena [85, s. 42]. Tässä tutkimuksessa kirjallisuuskatsaus on kuitenkin tällaista merkittävämmässä asemassa esineiden internetin tulkinnanvaraisuudesta ja ilmiön keskeneräisyydestä johtuen. Pelkistetyn tutkimusaineiston referoinnin sijasta tutkielman toinen pääluku laadittiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin, jonka tarkoituksena oli laadullisen aineiston analyysille perinteinen aineiston informaatioarvon kasvattaminen luomalla hajanaisesta aineistosta selkeää ja mielekästä [14, s. 137].

Sisällönanalyysina toteutettua kirjallisuustutkimusta pidetään laadullisen tutkimusperinteen perusanalyysimenetelmänä, joka voidaan liittää moneen erityyppiseen tutkimukseen [81, s. 91]. Sisällönanalyysi terminä itsessään on kuitenkin metodologisesti vielä melko väljästi ilmaistu, sillä sisällönanalyysin toteutustapoja on useita. Tässä työssä harjoitetulla aineistolähtöisellä sisällönanalyysillä tarkoitetaan sellaista induktiivisen tutkimusstrategian piiriin asettuvaa analyysin muotoa, jonka tarkoituksena on tutkimusaineistosta tehtyjen havaintojen perusteella laatia yleisluontoisia johtopäätöksiä [69, s. 143–150].

Aineistolähtöisen sisällönanalyysin katsottiin soveltuvan tämän tutkimuksen tutkimusmetodiksi erityisesti siitä syystä, että tutkittavasta ilmiöstä saatavilla olevaa valmista, laadullista aineistoa on jo runsaasti. Laadullista tutkimusstrategiaa puoltaa toisaalta myös se, että vielä lähinnä ainoastaan erilaisten konseptien asteella olevan esineiden internetin tutkittavuus määrellisten menetelmien avulla on toistaiseksi hyvin vaikeaa.

Teknologisen kehityksen vaikutuksia arvioivalla analyysilla tarkoitetaan kehittyvän teknologian myötä erilaisiin järjestelmiin ja prosesseihin kohdistuvien mahdollisten seurausten systemaattista tunnistamista, analysointia ja arviointia. Analyysitapaa kuvaillaan tulevaisuudentutkimusmetodeja käsittelevässä kirjallisuudessa usein itsenäisenä tutkimusmetodina. [50] Näin sitä käytetään myös tässä tutkimuksessa, vaikkakin menetelmän käyttöön liittyy usein ajatus laajan asiantuntijaryhmän osallistumisesta tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa analyysi toteutettiin kuitenkin itsenäisesti ilman ulkopuolisia asiantuntijoita kirjallisuustutkimuksen avulla laadittua teoriaosuutta hyödyntäen. Työn tutkimusasetelmaa on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Tutkimuksen tutkimusasetelma

Tutkimus toteutettiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa sisällönanalyysin keinoin muodostettiin mahdollisimman eheä käsitys esineiden internetistä ja sen mahdollisista käyttökohteista eri ympäristöissä. Tämä tutkimuksen teoriaosuutta edustava lopputulos esitetään tämän tutkielman toisessa pääluvussa. Samalla luvussa vastataan tutkimuksen ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa teoriaosuuden perusteella laadittiin kolme erilaista kuvitteellista esimerkkiä esineiden internetin sotilassovellutuksista. Esineiden internetin sotilassovellutuksia tarkasteltiin erityisesti tulevaisuuden Maavoimien operatiivisen yhtymän [42] viitekehysessä. Näitä esimerkkejä käytettiin sittemmin tutkielman kolmannessa pääluvussa tarkemmin esitetyn seurannaisvaikutusanalyysin pohjana. Luvussa kolme vastataan myös tutkimuksen toiseen alatutkimuskysymykseen. Lisäksi luvussa tarkastellaan Puolustusvoimien suorituskykyjen kehittämisen ja rakentamisen prosesseja sekä näiden ja seurannaisvaikutusanalyysin välistä suhdetta.

Kolmannessa vaiheessa toteutettiin varsinainen sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin seurannaisvaikutusanalyysi, jonka metodit esitetään tarkemmin tutkielman kolmannessa ja tulokset neljännessä pääluvussa. Tutkimuksen empiiristä osiota, siis niiltä osin kun sellainen on tulevaisuudentutkimuksessa ylipäätään mahdollista, edustavan neljännen luvun alussa esitetään analyysin perustana käytetyt kuvitteelliset käyttökonseptit esineiden internetistä sotilaskäytössä. Lisäksi luvussa vastataan tutkimuksen varsinaiseen tutkimuskysymykseen sekä kolmanteen alatutkimuskysymykseen. Tutkielman viimeisessä luvussa pohditaan tutkimustulosten käytettävyyttä, tutkimuksen luotettavuutta ja esitetään mahdollisista toimenpiteistä sekä jatko-tutkimuskohteita.

## 2. ESINEIDEN INTERNET

### 2.1. Yleistä

Esineiden internet -termin katsotaan syntyneen Massachusettsin teknillisen korkeakoulun (engl. Massachusetts Institute of Technology, MIT) tutkijoiden keskuudessa vuonna 1999 kuvaamaan RFID -tekniikkaan (engl. radio frequency identification) hyödyntävien laitteiden verkottumista keskenään internetin välityksellä [89, s. 105]. Nykyään esineiden internetiä pidetään erottamattomana osana niin kutsuttua neljättä teollista vallankumousta, jossa tekoälyn, robotisaation ja järjestelmien verkottumisen uskotaan synnyttävän ennennäkemättömiä yhteiskuntaa kokonaisvaltaisesti läpäiseviä vaikutuksia [70].

Mittavista nykyistä talous- ja yhteiskuntajärjestelmää mullistavista lupauksista huolimatta esineiden internet näyttäytyy tutkimuksessa tutkitun aineiston perusteella vielä vasta alkutekijöissään olevalta ilmiöltä. Esineiden internetille ei esimerkiksi löytynyt yhtä vakiintunutta määritelmää ja muutoinkin eri lähteissä ilmiötä kuvattiin ajoittain paljon toisistaan poikkeavin tavoin. Esineiden internetin määritelmät riippuivat usein muun muassa asiaa tarkastelevien henkilöiden taustoista ja valituista näkökulmista. Useat muut samaa ilmiötä kuvaavat käsitteet, kuten teollinen internet (engl. industrial internet), voidaan kuitenkin mieltää esineiden internetin yläkäsitteeseen kuuluvaksi. Muita määritelmiä käytetäänkin tyypillisesti vain tarkentamaan jotain tiettyä esineiden internetin näkökulmaa – esimerkiksi teollinen internet -termi edustaa eritoten teollisuusyritysten näkemystä samaisesta ilmiöstä [29, s. 8]. Teollinen internet -termi onkin peräisin juuri yritysmaailmasta, General Electric -monialayhtiön vuonna 2012 julkaisemasta artikkelista [16].

Vakiintuneen määritelmän puutteesta huolimatta aineistossa oli myös yhtäläisyyksiä esineiden internetin konseptia koskien. Erityisesti tietyt esineiden internetin laitteita kuvaavat ominaispiirteet toistuivat useissa eri lähteissä. Esineiden internetin katsottiin rakentuvan erityisesti sellaisista esineistä, joita kuvaavat seuraavat ominaisuudet: yksilöllinen tunnistettavuus, älykkyyttä jäljittelevät ominaisuudet, kyky toimia vuorovaikutuksessa paitsi ympäristön myös toisten vastaavien laitteiden kanssa sekä kyky aistia ympäristöään. Lisäksi esineiden internetiin liittyy keskeisesti internetiin kytkeytyvien laitteiden alati kasvava erittäin suuri lukumäärä.

Esineiden internetiin liittyvien laitteiden yksilöllistä tunnistamista pidetään ilmiön laajamittaisen toteutumisen kannalta kriittisenä vaatimuksena. Ilman jonkin määrätyn esineen tai sensorin yksilöllistä tunnistamista, muodostuu esimerkiksi laitteen etäkäyttö mahdottomaksi [23, s. 1649]. Tämän lisäksi myös erilaisten sensorien tuottaman datan käytettävyyks on erittäin rajattua, jos informaatiota ei voida käyttää etänä tai sen alkuperä ei ole luotettavasti tiedossa.

Monet esineiden internetin käyttökohteet perustuvat esimerkiksi esineen paikkatiedon hyödyntämiseen, joka sekään ei ole mahdollista ilman sensorien yksilöllistä tunnistamista. Laitteiden yksilöimisen osalta esimerkiksi IPv6-protokollaa pidetään tällä hetkellä yhtenä varteenotettava vaihtoehtona [5, s. 2799].

Esineiden internetistä käytyjen keskustelujen yhteydessä mainitaan usein älykkäät laitteet. Älykkäillä laitteilla tarkoitetaan usein sellaisia esineitä ja laitteita, joiden älykkyys muodostuu niiden prosessointikyvyn, sensoreiden sekä toimilaitteiden yhteisvaikutuksesta. Älykkyys tulee siis siitä, että tuotteeseen tai pilvipalveluun sijoitettu ohjelmisto mahdollistaa tuotteen erilaisten toimintojen ohjauksen ja säädön [29, s. 14]. Toisin sanoen älykkyyttä jäljittelevillä ominaisuuksilla tarkoitetaan järjestelmien rajattua itsenäistä toimintaa, joka on seurausta joko osajärjestelmiin integroitujen pienten tietokoneiden toiminnasta tai pilvilaskennasta (engl. cloud computing).

Älykkäiden järjestelmien toiminnasta ja hyödyistä on olemassa myös konkreettista näyttöä. Yhdysvaltalaisen Alphabet-monialayhtymän tytäryhtiö Google saavutti omien datakeskustensa jäähdytysjärjestelmissä 40 prosentin energiasäästöt hyödynnettyään kehittämäänsä koneoppimisalgoritmia optimoidakseen jäähdytysjärjestelmien käyttöä. Järjestelmien optimointi ei olisi ollut mahdollista ilman pilvilaskentaa ja tuhansia verkottuneita sensoreita. [17]

Laitteiden välisellä vuorovaikutuksella tarkoitetaan ennen muuta esineiden internetin laitteiden itsenäistä kommunikointikyvykkyyttä. Siinä missä perinteinen internet ymmärretään ensisijaisesti internetin loppukäyttäjien välisenä infrastruktuurina, perustuu esineiden internet ajatukseen, jossa valtaosa internetissä tapahtuvasta tiedonvälityksestä toteutuu yksinomaan erilaisten esineiden välillä ilman ihmisen välitöntä osallisuutta [49, s. 1497].

Konkreettisesti tämä voidaan toteuttaa usein eri tavoin. Esineiden internetin laitteet voidaan esimerkiksi kytkeä internetiin joko suoraan tai laitteiden data voidaan kuljettaa lyhyen kantan verkkojen kautta. Tällöin esineiden tuottama informaatio viedään internetin runkoverkkoon esimerkiksi WLAN:in (engl. wireless local area network) välityksellä yhdyskäytävän (engl. gateway) toimiessa siltana rajatun ympäristön ja varsinaisen internetin välillä [29, s. 32]. WLAN:in kaltaisia erilaisia tiedonsiirtoteknologioita ja -protokollia on useita, joista osa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Esineiden internetin tiedonsiirtoteknologioita. Koottu lähteistä [63; 8]

	WLAN	LR-WPAN	Mobiilidata	Bluetooth	Bluetooth Low Energy	LoRa
Standardi	IEEE 802.11 a/c/b/d/g/n	IEEE 802.15.4 (ZigBee)	2G-GSM, CDMA, 3G-UMTS, CDMA2000, 4G-LTE	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.1	LoRaWan R1.0
Taajuusalue	5-60 GHz	868/915 MHz, 2.4 GHz	865 MHz, 2.4GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	868/900 MHz
Tiedonsiirtonopeus	1 MB/s-6,75 Gb/s	40-250 Kb/s	2G: 50-100 kb/s 3G: 200 kb/s 4G: 0.1-1 Gb/s	1-24 Mb/s	40-200 kb/s	0.3-50 Kb/s
Toimintasäde	20-100 m	10-20m	Koko matkapuhelinverkko	Kymmeniä metrejä	Kymmeniä metrejä	< 30km
Energian kulutus	Korkea	Matala	Keskikorkea	Keskikorkea	Erittäin matala	Erittäin matala

Taulukossa esitettävä lista ei ole kattava, vaan siinä on esitetty vain joitakin aineistoissa esiintyneitä tiedonsiirtoteknologioita. Esitetyistä tekniikoista erityisesti Bluetooth Low Energy -likiverkkotekniikkaa pidetään tällä hetkellä kuitenkin yhtenä esineiden internetin varteenotettavimmista tiedonsiirtoteknologioista [53, s. 3].

Esineiden internetin tiedonsiirtotapoihin odotetaan merkittäviä parannuksia viidennen sukupolven matkapuhelinverkkojen yleistymisen myötä. Niin kutsutun 5G-verkon odotetaan olevan tulevaisuudessa tärkeä osa esineiden internetiä, sillä se mahdollistaa entistä luotettavamman, nopeamman ja vasteajoiltaan huomattavasti nykyistä paremman tiedonsiirron lukuisien erilaisten esineiden välillä [53]. 5G-verkon yleistymistä joudutaan kuitenkin vielä odottamaan, sillä sen standardointityö on vielä tämän raportin kirjoitushetkellä kesken [48].

Yksi keskeisimmistä esineiden internetin tunnuspiirteistä liittyy esineiden valtavaan lukumäärään. Internetin liittyvien laitteiden lukumäärän kehityksestä on useita eri arvioita, joista varovaisempienkin mukaan vuonna 2020 internetissä on yli 20 miljardia yksilöityä laitetta [29, s. 16; 90, s. 16]. Vielä toistaiseksi internetin on katsottu palvelevan erityisesti host-to-host kommunikaatiota, mutta laitemäärän kasvun myötä internet on muuttumassa enemmän kohti datakeskeistä mallia. Itseasiassa jo vuonna 2011 verkkoyhteyksillä varustettujen esineiden määrä ylitti ensimmäistä kertaa maapallon ihmisten lukumäärän [87, s. 8], mikä voidaan nähdä yhtenä merkinä internet-paradigman käynnissä olevasta muutoksesta.

Erilaisten esineiden verkkoyhteyksien yleistymisen ajureina ovat toimineet paitsi verkottumisen myötä syntyvä lisäarvo, myös verkottumisen mahdollistavan teknologian kehitys [18, s. 3]. Teknologian kehitys on mahdollistanut entistä pienemmät komponentit sekä niiden valmistuskustannusten lasku on jouduttanut niiden laajempaan käyttöönottoa. [25, s. 4; 29; s.35].

Datakeskeisen internetin syntyä jouduttaa myös verkottuneiden laitteiden kyky datan tuotantoon. Tämä kyvykkyys on yhtä lailla tulosta teknologian kehityksestä, jonka myötä muun muassa dataa tuottava sensoriteknologia on parantunut huomattavasti. Sensorien kehityksessä erityisesti koon pienentyminen ja niiden valmistuskustannusten laskeminen on mahdollistanut sensorien asentamisen sellaisiin paikkoihin, joissa anturointia ei olisi vielä aiemmin pidetty kustannustehokkaana. Jatkuva teknologiakehitys on myös vähentänyt anturoinnin energiankulutusta, jonka myötä jotkin laitteet on onnistuttu tekemään jopa lähes täysin energiaomavaraiseksi. [29, s. 35] Tämä kehitys jatkunee myös tulevaisuudessa, mikä tulee muokkaamaan internetiä entistäkin enemmän laite- ja datakeskeisemmäksi.

Kyky ympäristönsä aistimiseen on yksi keskeisistä esineiden internetin ominaisuuksista. Teknologisen kehityksen osalta tärkeänä kehityskohteena on pidetty erityisesti mikroelektromekaanisten laitteiden (engl. microelectromechanical systems, MEMS) kehittymistä [23, s. 1646; 63, s. 8]. Mikroelektromekaanisilla laitteilla tarkoitetaan sellaisia pieniä, kevyitä ja vähän tehoa kuluttavia integroituja rakenteita, joissa yhdistyvät elektroniset ja mekaaniset laitteet [31, s. 54]. Tällaisten komponenttien kokoa mitataan usein mikro- tai millimetreinä ja niillä on mahdollista tunnistaa muun muassa fysikaalisten suureiden (kuten kiihtyvyys, paine, kosteus, lämpötila) olemassaolo ja muutokset [31, s. 102]. MEMS-teknologian äärimmäisen pieni liikkuva massa merkitsee äärimmäisen pientä hitausmomenttia ja kitkaa, eli äärimmäisen nopeata ja hyvin vähän tehoa kuluttavaa toimintaa. Elementit voidaan tuottaa myös massamaisesti ja halvalla mikropiirien tuotantoprosessissa, eikä kallista kokoonpanoa juuri tarvita. [35, s. 48].

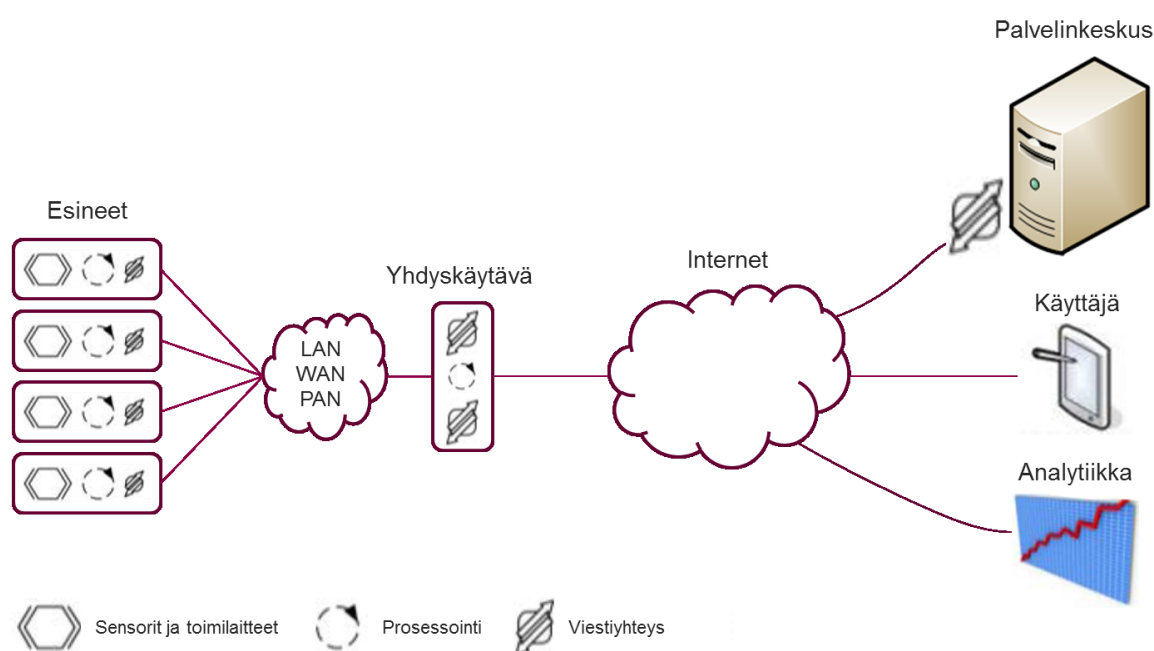
MEMS-teknologian lisäksi esineitä voidaan anturoida myös monilla muilla tavoilla. Arkisena esimerkkinä esineiden anturoinnista mainittakoon älypuhelimet, joista esimerkiksi teknologia-yhtiö Applen iPhone X -lippulaivamallissa on kameroiden, mikrofonien ja paikannusjärjestelmän lisäksi myös kuusi muuta sensoria [4]. Esimerkiksi laitteen gyroskooppia ja kiihtyvyysantureita hyödynnetään jo nyt usein melko kekseliäin keinoin, josta osoituksena on lukuisa määrä näiden toimintaan perustuvia kolmannen osapuolen sovellutuksia. Lisäksi esimerkiksi suomalainen hissejä ja liukuportaita valmistava yhtiö KONE Oyj on osoittanut kuinka se tarkkailee tuotteidensa toimintakuntoa ainakin lämpötilan, toimintanopeuden, värinän ja äänien perusteella [33].

Viimeinen aineistosta tunnistettu esineiden internetin ominaisuus liittyy erilaisten laitteiden kykyyn toimia vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Tällä tarkoitetaan esineiden kyvykkyyttä vaikuttaa ympäristöönsä erilaisten aktuaattorien eli toimilaitteiden välityksellä [23, s. 1646].

Toimilaitteilla tarkoitetaan kaikkia sellaisia komponentteja jotka esimerkiksi teollisen internetin kontekstissa muuttavat informaation konkreettiseksi toiminnaksi, kuten vaikkapa teollisuuskäytössä olevien robottien liikkeeksi [12, s. 4]. Arkielämässä tämä toimilaitteiden osuus voi sen sijaan ilmetä esimerkiksi älykodeissa valaistusjärjestelmän automaattisena reaktiona vallitsevaan säätilaan [5, s. 2795]. Useassa esineiden internetin määritelmässä tätä toimilaitteiden osuutta informaation kuluttajina pidettiin keskeisenä osana koko ilmiötä. Todellisuudessa erilaisia keinoja vaikuttaa ympäristöönsä on tietenkin lähes lukemattomia, eikä yritys niiden kattavaan luettelointiin ole tarkoituksenmukaista.

Muutkaan tässä luvussa esitetyt esineiden internetin ominaispiirteet eivät ole kattavat, eivätkä ne välttämättä ole läsnä kaikissa esineiden internetin konkreettisissa ilmentymissä. Yhtälailla ne eivät myöskään ole toisistaan täysin riippumattomia ominaisuuksia, sillä esimerkiksi laitteiden välinen kommunikointi edellyttää kultakin laitteelta yksilöityä osoitetta.

Vaikkakaan esineiden internetille ei ollut osoittaa yhtä vakiintunutta määritelmää, liki kaikille eri määritelmille yhteistä oli ajatus toisiinsa verkottuneista yksilöidyistä, vuorovaikutuksessa keskenään olevista järjestelmistä, jotka paitsi keräävät myös kuluttavat informaatiota mahdollisimman autonomisesti. Yhden kuvaavan määritelmän mukaan esineiden internetillä tarkoitetaan erilaisten esineiden ja laitteiden dynaamista globaalia verkkoinfrastruktuuria, joka perustuu standardoituuihin ja yhteen toimiviin viestintäprotokolleihin, yksilöllisen identiteetin omaaviin esineisiin ja laitteisiin sekä saumattomiin ja älykkäisiin rajapintoihin fyysisten ja virtuaalisten esineiden sekä tietoverkkojen välillä [21, s. 3; 88, s. 43]. Havainnollistamistarkoituksessa kuvassa 4 on esitetty pelkistetty periaatekuvaus esineiden internetistä.



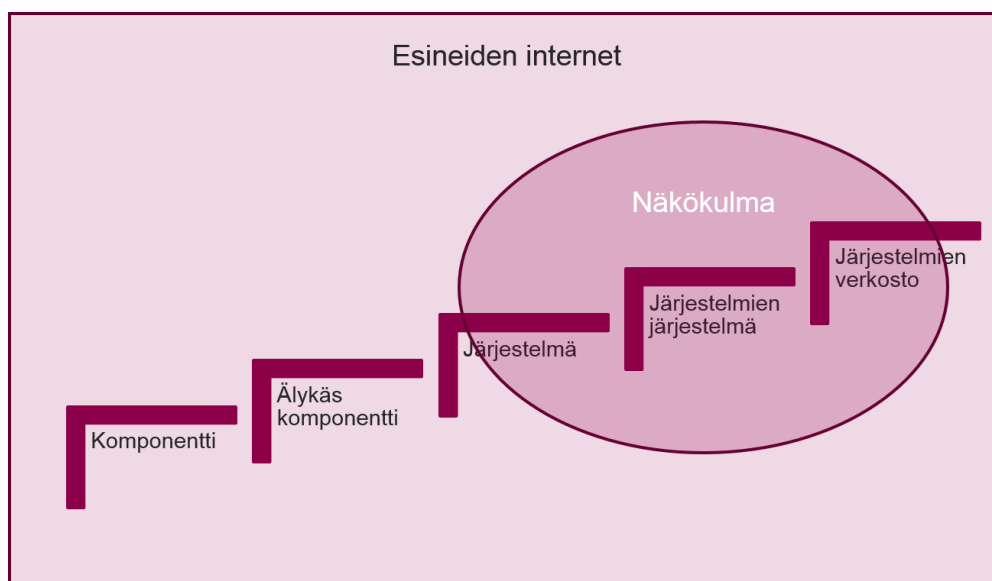
Kuva 4. Pelkistetty kuvaus esineiden internetistä. Sovellettu lähteestä [45]

Kuvassa vasemmalla on esitetty pelkistetyt mallit esineiden internetin esineistä. Kuten edellä todettiin, esineiden internetin keskeisistä kyvykkyyksistä johtuen kullekin laitteelle tyypillistä on niihin integroidut sensorit, toimilaitteet, prosessorit sekä kommunikaatioteknologiat. Näitä yhdistää tavallisesti pieni fyysinen koko, matala virrankulutus sekä hyvin rajallinen laskentakapasiteetti [45, s. 2]. Lisäksi nämä ovat useimmiten osa jotain paikallista lähiverkkoa, sen sijaan että esineet olisivat suoraan yhteydessä internetiin. Ilmiöön lähes erottamattomasti liittyviä pilvilaskennan, etäkäytön ja analytiikan näkökulmia havainnollistetaan kuvassa oikealla.

Esineiden internetin ja perinteisesti ymmärretyn internetin välisiä rajoja on usein mahdotonta täysin yksiselitteisesti määrittää. Siksi onkin tärkeää olla liikaa kiintymättä mihinkään yksittäiseen ratkaisuun, ainakin siihen saakka kunnes tiedeyhteisö ja teollisuus saavuttavat yksimielisyyden ilmiön määritelmästä. Esimerkiksi pelkkä lähiverkkoon liittyminen ei vielä välttämättä tee laitteesta esineiden internetin osaa, sillä esimerkiksi valtaosa perinteisen internetin ilmentymäksi mielletävistä tietokoneistakin on nykyään osa jotakin lähiverkkoa olematta varsinaisesti kuitenkaan esineiden internetiä.

## 2.2. Käyttökohteet ja ominaisuudet

Edellä esineiden internetin on osoitettu koostuvan paitsi lukemattomasta määrästä pieniä, älykkäitä ympäristöään aistivista sekä siihen reagoivista laitteista, myös näiden monilukuisten laitteiden välisestä vuorovaikutuksesta. Seuraavassa käsitellään esineiden internetin joitakin mahdollisia sovelluskohteita ja ilmiön järjestelmäarkkitehtuuria. Lisäksi tässä alaluvussa tarkastellaan tyypilliselle esineiden internet -järjestelmälle tavanomaisia tunnusmerkkejä. Esineiden internetiin suhtaudutaan tässä kokonaisvaltaisesti järjestelminä sekä järjestelmien järjestelminä, ei yksittäisinä komponentteina. Näkökulmaa havainnollistetaan kuvassa 5.

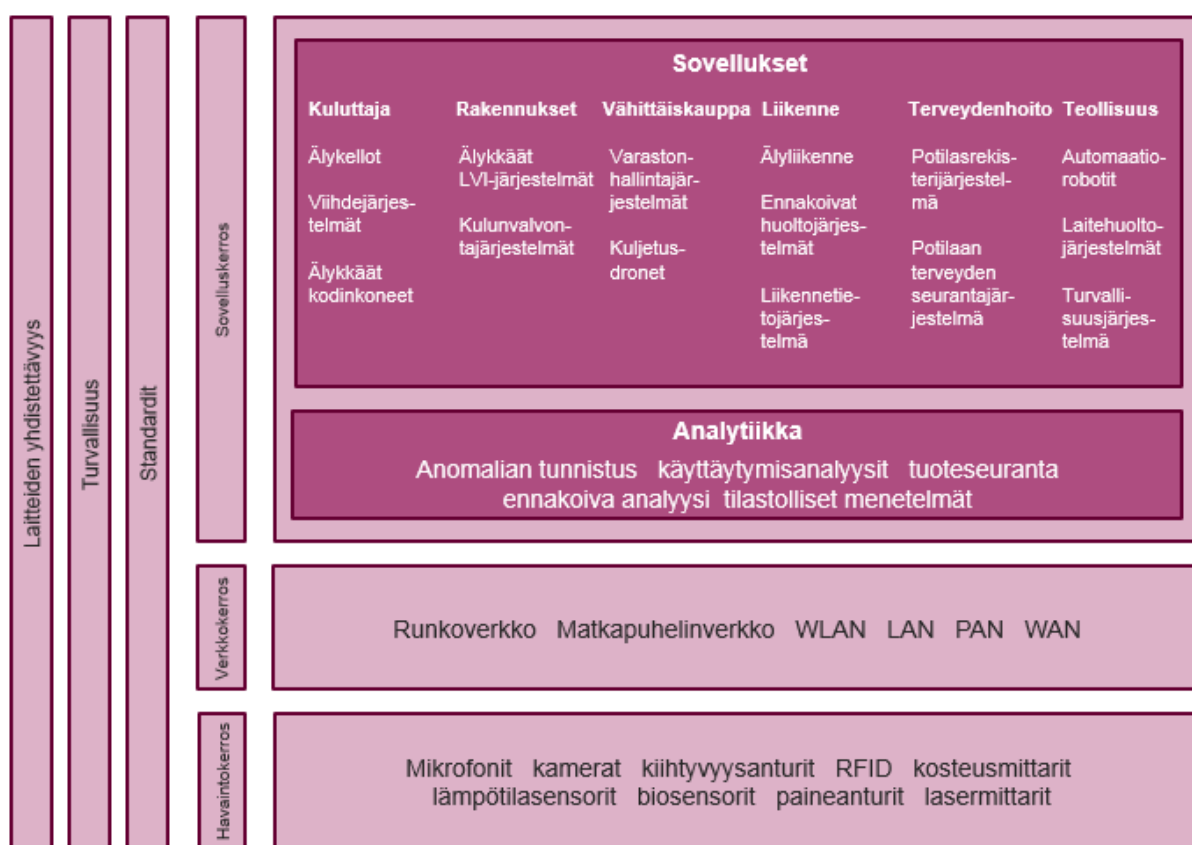


Kuva 5. Esineiden internetin eri tasoja. Sovellettu lähteestä [29]



Kuten kuvasta nähdään, voi esineiden internetiä lähestyä monesta eri näkökulmasta. Yhtälailla hyvin yksinkertaiset komponentit ovat osa esineiden internetiä siinä missä älykkäämmätkin järjestelmät. Tässä työssä ei kuitenkaan sen enempää erilaisten komponenttien tai niiden yhteyteen integroitujen suorittimien tuottamaan älykkyyteen paneuduta. Kuvalla neljä pyritään ainoastaan havainnollistamaan tämän työn näkökulmaa, ei niinkään luomaan mitään keinotekoisia rajanvetoa eri näkökulmien välille.

Edelleen kokonaisuutta paremmin hahmottamaan kuvassa 6 on esitetty yksi malli esineiden internetin järjestelmäarkkitehtuurista. Aivan kuten esineiden internetin määritelmän osalta, ei järjestelmäarkkitehtuuristakaan ole olemassa vain yhtä vakiintunutta käsitystä [20, s. 22]. Tässä tapauksessa esineiden internet on jaettu kolmeen eri kerrokseen: sovelluskerros (engl. application layer), verkkokerros (engl. network layer) ja havaintokerros (engl. perception layer). Lisäksi kuvassa on joitakin esimerkkejä esineiden internetin mahdollisista käyttökoh-teista muutamain aineistoissa esiintyneeseen toimialaan jaoteltuna.



Kuva 6. Esineiden internetin järjestelmäarkkitehtuuri. Sovellettu lähteistä [64; 94; 95]

Perinteisesti tietoliikennejärjestelmien mallintamisessa käytettyyn OSI-malliin (engl. open systems interconnection) verrattuna esineiden internetiä kuvaamaan käytetyt arkkitehtuurit eroavat erityisesti niiden fyysistä ilmentymää korostavien kerrosten osalta. Toisaalta OSI-malli on laadittu ennen muuta tietoliikennejärjestelmien ja niiden yhteentoimivuuden näkökulmasta, kun

taas esineiden internet -järjestelmät arkkitehtuureineen osat usein paljon laajempia kokonaisuuksia, joista OSI-malli koskettaa vain joitain osia [65, s. 45].

Aineiston perusteella esineiden internetin käyttökohteista on tunnistettavissa joitakin erilaisia järjestelmiä yhdistäviä tekijöitä. Riippumatta järjestelmästä, koostuvat useat niistä ensinnäkin hyvin heterogeenisestä laitekannasta. Kussakin sovelluskohteessa hyödynnetään usein siis lukuisia erilaisia sensoreita. Lisäksi valtaosassa järjestelmiä sensorit tuottavat suuren määrän dataa ja järjestelmän toimintaan liittyy tavallisesti jonkinlainen etähallinta tai monitorointimahdollisuus. Tavallisesti järjestelmiä suunnitellaan myös käytettäväksi osana hyvin kompleksisten ongelmien ratkaisuja, josta jo mainittu tapaus datakeskusten energioptimoinnista toiminee hyvänä esimerkkinä. Poikkeuksiakin on, mutta monesti myös hyvin yksinkertaisten sovelluskohteiden katsotaan olevan osa jotakin laajempaa kokonaisuutta. Esimerkiksi vapaista pysäköintiruuduista autoilijaa huomauttavan järjestelmän voi katsoa olevan vain pieni osa koko liikennejärjestelmän tehostamiseen pyrkivää ratkaisua [49, s. 1510].

Esineiden internetin muodostuessa miljardeista yksilöidyistä laitteista, on selvää että erilaisten laitteiden kirjo tulee olemaan äärimmäisen monipuolinen. Esineiden internetille onkin ominaista sen koostuminen lukuisista toisistaan poikkeavista laitteista. Laitteiden heterogeenisyyden katsottiin kuitenkin olevan yksi isoimmista tämän hetkisistä esineiden internetin laajenemisen esteistä, sillä erilaisten laitteiden yhteentoimivuuden takaavassa standardoinnissa ei ole saavutettu vielä yksimielisyyttä [2, s. 2363]. Vaikka esineiden internet perustuukin pääosin perinteisenä tunnetun internetin infrastruktuurille, turvautuvat sen omintakeiset päätelaitteet usein hyvin erilaisiin teknisiin ratkaisuihin. Lisäksi osana esineiden internetiä hyödynnettävät lukuisat eri tiedonsiirtoteknologiat eivät välttämättä kaikki toimi automaattisesti keskenään.

Esineiden internetin heterogeenisyys ulottuu verkottuneiden esineiden lisäksi niiden tuottamaan dataan. Muun muassa erilaisten esineiden internetin sensorien määrästä ja laadusta johtuen datan kokonaismäärä maailmassa tulee paitsi kasvamaan eksponentiaalisesti [66, s. 7], tulee se olemaan laadultaan myös hyvin moninaista [9, s. 177]. Datamäärän kasvun myötä datan analysointiin kohdistuu uusia vaatimuksia, sillä datamäärät ovat ihmisen käsittelykapasiteetille käytännössä aivan liian suuria. Tulevaisuudessa tietokoneavusteisen analysointimetodien rooli tulee tästä johtuen korostumaan. Tämän takia esineiden internetiä koskevat tutkimukset sivuaavat usein muun muassa myös koneoppimista ja tekoälyä. Näitä pidetään usein välttämättömyytenä esineiden internetin synnyttämän datamäärän hyödyntämisen kannalta. [23, s. 1651]

Datan monipuolistumisen ja määrän kasvun yhteydessä keskustellaan yleensä myös big datasta ja sen käsittelystä, jolla tarkoitetaan erittäin suurten ja nopeasti kasvavien, järjestelemättömien

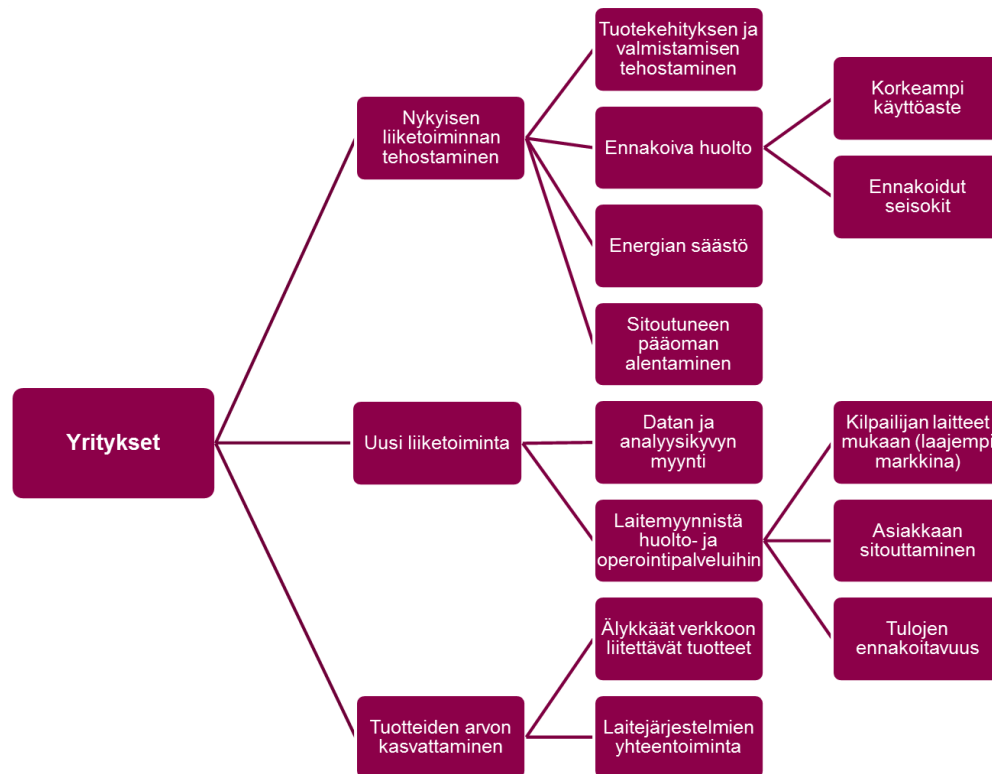
datamäärien prosessointia käsittelijälle lisäarvoa tuottavalla tavalla [9, s. 173]. Esineiden internetin katsotaan olevan keskeinen osa big datan tuotantoa [9, s. 177]. Esineiden internetin järjestelmien osalta tämä tarkoittaa, että kunkin sovelluskohteen osalta keinot datamäärän hallintaan täytyy ratkaista aina tapauskohtaisesti. Tämä koskee paitsi datan tuottamista myös sen tallentamista ja analysointia. Pääpiirteisesti vaihtoehdot datan tallentamiseen ja käsittelyyn ovat joko sen tekeminen paikallisesti laitteisiin integroitujen prosessorien ja tiedontallennusvälineiden avulla tai datan käsittelyn siirtäminen keskitettyihin pilvipalvelimiin.

Datan näkökulmasta huomionarvoista on myös se, että kun internetissä on totuttu ihmisen olevan pääasiallinen sisällöntuottaja, niin esineiden internetissä tämän roolin saavat enenevässä määrin erilaiset sensorit ja koneet. Sensoreiden avulla tapahtuva monitorointi mahdollistaa laitteen tilasta ja sen ympäristöstä saadun informaation hyödyntämisen lukuisin keinoin. Näiden lisäksi esineiden internetin konseptiin liittyy usein näkemys erilaisten järjestelmien etähallinnasta. Esimerkiksi yritysten näkökulmasta tuotteeseen sijoitettu ohjelmisto yhdessä sensorien kanssa mahdollistaa tuotteen erilaisten toimintojen ohjauksen ja säädön tietoverkkojen ylitse. Tuotteen suorituskykyä optimoivien toimintojen lisäksi etämonitorointi mahdollistaa muun muassa erilaiset ennakoivan diagnostiikan, huollon ja korjauksen palvelut. [29, s. 14]

Viimeinen tässä yhteydessä mainittava esineiden internetin erilaisia järjestelmiä yhdistävä tekijä on niiden käyttökohteiden monimutkaisuus. Esineiden internetin arvo konkretisoituukin parhaiten erityisen laajoissa ja kompleksisissa kohteissa. Käyttökohteiden kompleksisuus ilmenee myös tavallaan esineiden internetin määritelmässä, joka korostaa laitteiden ja sensorien monipuolisuutta ja laajaa läsnäoloa (engl. ubiquitous computing). Tällöin hyvin yksinkertaiset ongelmat jäävät ikään kuin määritelmän ulkopuolelle, vaikka kyseessä olisikin tosiasiallisesti internetiin liittynyt esine tai sensori. Tämä näkökulma korostaa entisestään myös esineiden internetin systeemistä luonnetta.

### 2.3. Arvolupaukset

Miksi esineiden internetin uskotaan yleistyvän? Mikä saa yritykset ja yhteisöt investoimaan uuteen teknologiaan, jonka turvallisuusnäkökulmista jopa Yhdysvaltain tiedustelupalvelutkin ovat erityisen huolissaan? [10, s. 3] Erityisesti yritysten näkökulmasta esineiden internetin lisäarvoa tuottavat vaikutukset on jaettavissa yhden määritelmän mukaan kolmeen erilaiseen pääryhmään. Yritys voi pyrkiä joko nykyisen liiketoiminnan tehostamiseen, kokonaan uuteen liiketoimintaan tai jo olemassa olevien tuotteiden arvon kasvattamiseen [29, s. 21]. Tätä näkökulmaa on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 7. Yritysten hyödyt esineiden internetistä [29, s. 22]

Erityisesti nykyisen liiketoiminnan tehostaminen laitteista, koneista ja prosesseista kerättävää tietoa hyödyntäen on ilmeinen esineiden internetin kehityssuunta. Hyöty tulee tällöin esimerkiksi järjestelmien ennakoivan huollon, energian säästön tai työvoiman tehokkaamman käytön seurauksena. [29, s. 21]

Uuden liiketoiminnan osalta kehitys on tavallisesti kohti laitteiden ja järjestelmien palvelullistamista. Tällöin laitteiden myynnin sijasta myydään niiden suorituskykyä kulutusperusteisesti. Tämän seurauksena yritysten ansaintalogiikka muuttuu laitteen myynnistä sen operoimisesta maksettaviin korvauksiin. Asiakas hyötyy usein korkeiden alkuinvestointien poistumisesta ja palveluntarjoaja aikaisempaa paremmin ennakoitavasta kassavirrasta. [29, s. 22] Esimerkiksi ilmailuteollisuudessa on tästä esimerkkejä, kun lentoyhtiöt ostavat usein varsinaisten lentokonemoottorien sijasta niiden käyttötunteja [12, s. 10].

Kolmas keino hyötyä esineiden internetistä tulee myytävien tuotteiden kehittymisen kautta. Kuten todettu, laitteet ja järjestelmät ovat kehittymässä älykkyyttä jäljitteleviksi järjestelmiksi anturoinnin, laskentakapasiteetin ja tiedonsiirtoyhteyksien integroitumisen myötä. Tällöin laitteiden ja koneiden yhteistoiminta, joka edellyttää niiden älykkäitä ominaisuuksia, saattaa tuottaa järjestelmätasolla selvää etua aikaisempaan tuotteeseen verrattuna. Tällöin valmistaja hyötyy suuremman myyntihinnan ja ostaja tehokkaamman toiminnan ja tuottavuuden kautta. [29, s. 22]

Kunkin hyötyä tuottavan näkökulman ytimessä on loppujen lopuksi kyse lisääntyneestä datasta ja sen hyödyntämisestä. Ennakoiva huolto ei ole mahdollista ilman tietoa laitteen huoltotarpeesta. Siirtyminen laitemyynnistä suorituskyvyn myyntiin ei ole mahdollista ilman tarkkaan laskentaan perustuvaa hinnoittelua, joka puolestaan vaatii tietoa todellisista käyttökustannuksista [12, s. 10]. Esimerkkejä voi keksiä useita, mutta useat niistä johtavat ennen pitkää nimenomaan kasvaneen datamassan analysointiin.

Yhden konkreettisen erittelyn mukaan esineiden internetin lisäarvoa tuottavat palvelut ovat pelkistettävissä seitsemään eri toimintalogiikkaan. Näistä neljä ensimmäistä perustuvat laitteiden väliseen kommunikaatioon ja kolme jälkimmäistä käyttäjiensä osallistamiseen. Kaikille yhteistä on kuitenkin erilaisen datan hyödyntäminen tavalla tai toisella. Nämä logiikat ja niiden taustalla vaikuttavat arvoajurit on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Esineiden internetin toimintalogiikat. Sovellettu lähteestä [18]

Toimintalogiikka	Arvoajuri	Yritykselle syntyvä lisäarvo	Asiakkaalle syntyvä lisäarvo	Esimerkkisovellus
Manuaalinen lähitunnistus	Tunnistulaitteiden käyttö lisää nopeutta, tarkkuutta ja mukavuutta	Tunnistulaitteet lisäävät työtyytyvyyttä, mahdollistavat itsepalvelut, vähentävät työvoiman tarvetta	Lisääntyneet itsepalvelumahdollisuudet, nopeus ja mukavuus	Kulunvalvontajärjestelmät, itsepalvelukirjastot, lähimaksukortit
Automaattinen lähitunnistus	Automaattisten tunnistulaitteiden käyttö helpottaa transaktiota ja lisää nopeutta,	Prosessien tehostuminen lisääntyneen datan ansiosta. Tekee prosesseista toimintavarmempia inhimillisten erheiden	Lisääntynyt käyttömukavuus	Varastojen seurantajärjestelmät, RFID-tunnisteet
Automaattinen sensortunnistus	Sensordataan perustuva automaatio. Tehostuneet prosessit	Yksilöllinen ja nopea prosessinhallinta lisää prosessin tehokkuutta	Tuotteiden ja palveluiden laadun parantuminen	Verkottuneet palohälyttimet, etäluettavat mittarit, ennakoivat
Automaattinen tuoteturvallisuus	Tuotteiden kryptografiset ominaisuudet mahdollistavat uudenlaiset turvallisuusratkaisut	Kuluttajien luottamuksen lisääntyminen, erilaisten prosessien turvallisuuskustannusten pieneneminen	Luottamukseen ja turvallisuuteen liittyvät palvelut	Kulunvalvontajärjestelmät, digitaaliset alkuperäistodistukset
Yksinkertainen käyttäjäpalaute	Suora ja yksinkertainen käyttäjäpalaute mahdollistaa paikallisten prosessien kehittämisen	Prosessit tarkentuvat ja nopeutuvat	Lisääntynyt käyttömukavuus	Vapaasta pysäköinti-ruudusta esim. valomerkillä ilmaisevat
Laaja käyttäjäpalaute	Fyysisen esineen aktivoivan digitaalisen palvelun tuottama informaatio	Mahdollistaa uudenlaisen liiketoiminnan	Lisää tuotteiden ja palveluiden käyttömukavuutta helpottamalla	Digitaaliset QR-koodien ladattavat huoltokirjat ja -historiat
Käyttäytymismalleja muuttava palaute	Käyttäjien käyttäytymismallien vaikuttamiseen pyrkivät järjestelmät	Mahdollistavat uudenlaiset palvelut	Auttaa kuluttajaa toimimaan tavoitteidensa mukaisesti	Älykellot, puettavat sensorit, kuten sykemittarit

Lähitunnistamiseen perustuvat toimintalogiikat tuottavat käyttäjilleen lisäarvoa lähinnä erilaisen prosessien ja palveluiden vaivattomuutena ja käyttömukavuutena. Manuaaliset lähitunnistusjärjestelmät, kuten vaikkapa lähimaksukortit, mahdollistavat käyttäjilleen nopean toiminnan, jossa myös inhimillisen erheen mahdollisuus vähenee.

Automaattista lähitunnistamista sen sijaan sovelletaan nykyään esimerkiksi erilaisissa varastojenhallintajärjestelmissä, jossa jonkin tuotteen lähitunnistus tapahtuu automaattisesti sen kulkiessa tietyn seurantapisteen tai -alueen kautta. Tällainen toiminta paitsi lisää järjestelmien käyttömukavuutta ja toimintavarmuutta, myös mahdollistaa prosessien tehokkaamman monitoroinnin automaattisten ja jatkuvien datavirtojen kautta.

Useat klassiset esineiden internetin sovelluskohteet perustuvat toimintalogiikaltaan automaattisiin sensorihavaintoihin. Esimerkiksi älykotien automaattiset lämmön- ja valaistuksen-säätöjärjestelmien toiminta perustuu useiden eri sensorien tuottaman datan käynnistämään automaatioon, jonka lisäarvo perustuu tässä tapauksessa käyttömukavuuden lisääntymiseen sekä mahdollisiin energiankulutuksen pienenemisestä syntyviin kustannussäästöihin. Analyytikot arvelevat esineiden internetin avulla optimoidun LVI-järjestelmän energiankulutuksen voivan pienentyä jopa 20 prosenttia [44, s. 52].

Tuotteiden ja palveluiden turvallisuutta edistävät ratkaisut assosioidaan tavallisesti erilaisiin kulunvalvontajärjestelmiin. Klassisina esimerkkeinä esineiden internetin hyödyntämisestä turvallisuutta parantavina sovelluksina toimivat juuri sellaiset kulunvalvontajärjestelmät, joissa etähallinnoitavat tunnistepisteet yhdistettynä NFC-siruilla (engl. near field communication) varustettuihin kulkutunnisteisiin helpottavat määrättyjen alueiden kulunvalvontaa ja edistävät tätä kautta organisaatioiden turvallisuutta.

Erilaisten palautemekanismin kautta vaikuttavat esineiden internetin järjestelmät soveltuvat taas sellaisiin sovelluskohteisiin, joissa automaatiota ei voida joko teknologisten tai vaikkapa eettisten rajoitteiden takia hyödyntää. Esimerkiksi ihmisen liikuntatottumuksia ei voida automatisoida, mutta palautetta heikentyneestä peruskestävyydestä voidaan erilaisten sensorien avulla kertoa. Toisaalta sensoritunnistukseen perustuvan automaation soveltamista esimerkiksi asejärjestelmissä pidetään hyvin ongelmallisena [6], vaikka teknologiset edellytykset siihen ehkä olisivatkin olemassa.

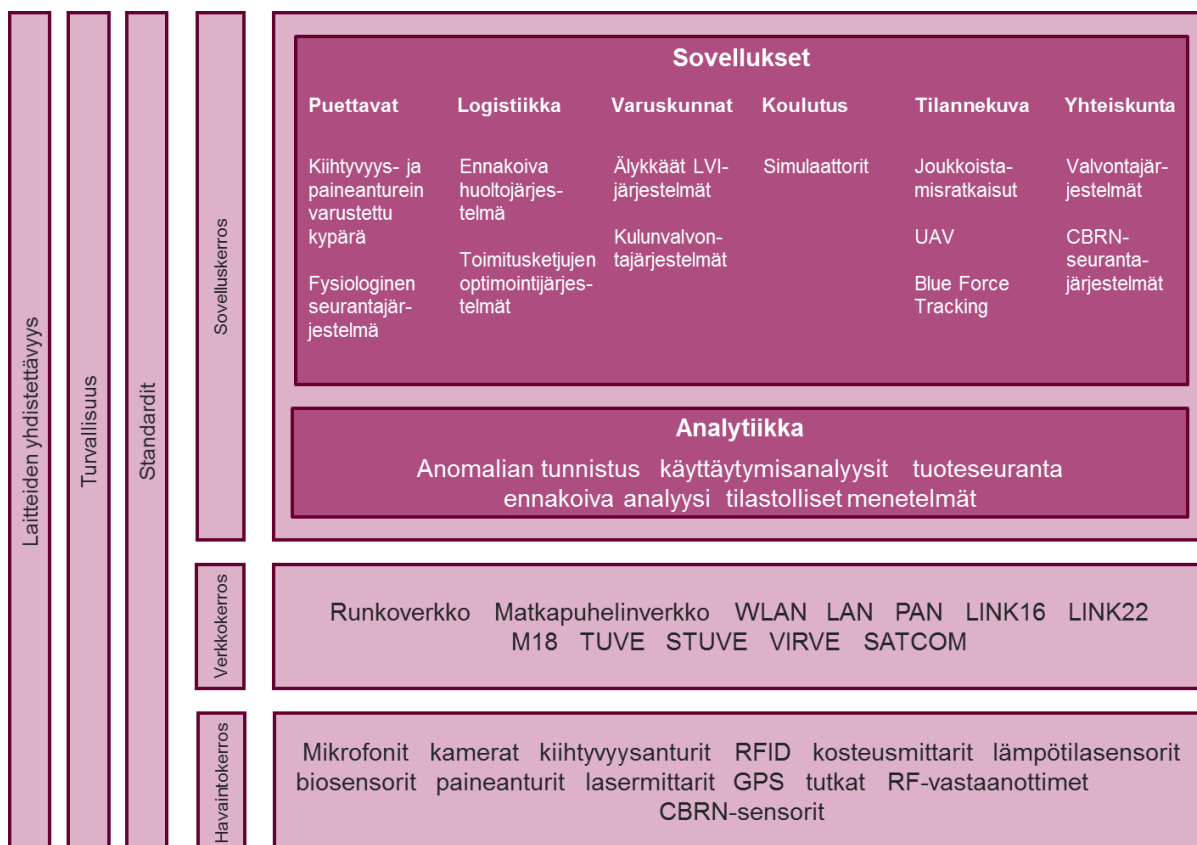
Näitä kaikkia toimintalogiikoita yhdistää niiden liittymäpinta uudenlaiseen tapaan kuluttaa tai hallinnoida informaatiota. Toisin sanoen esineiden internetin hyöty, kuten myös käytännössä koko digitalisaatiokehityksen hyöty, perustuu erilaisten transaktiokustannusten pienentymiseen [18, s. 14]. Siinä missä tietynlaisen datan kerääminen ei ole aiemmin ollut joko mahdollista tai kustannustehokasta, voidaan sen esineiden internetin myötä katsoa olevan nykyään monissa tapauksissa jo molempia. Näiden lisäksi hyöty syntyy datan käytettävyyden parantumisesta, käytännössä datasyötevirrän automatisaatiosta.

## 2.4. Esineiden internet sotilaskäytössä

Ajatus toisiinsa yhteyksissä olevista ja informaatiota keskenään jakavista järjestelmistä ei ole sotilaallisestakaan näkökulmasta aivan uusi. Sotilaallisessa kontekstissa vastaavasta ilmiöstä on puhuttu pitkään verkostokeskeisenä sodankäyntinä. Verkostokeskeinen sodankäynti tarkoittaa kaikkia sodankäynnin tasoja läpäisevää informaatioylivoimaan perustuvaa sodankäynnin konseptia, jossa taistelukykyä kasvatetaan verkottamalla taistelukentän sensorijärjestelmät, päätöksentekijät ja suorituskykyjen käyttäjät yhteen informaatioympäristöön tavoitteena jaettu tilanneymmärrys sekä nopeampi ja tehokkaampi toiminta [1, s. 2]. Usein verkostokeskeinen sodankäynti mielletään kapeasti vain tavaksi hyödyntää informaatioteknologiaa, vaikka kyseessä on huomattavasti tätä avoimempi ajattelutapa. Laajemmin ymmärrettynä verkostokeskeisen sodankäynnin ajattelutapa jakaa taistelun ja sodankäynnin kolmeen ulottuvuuteen: fyysiseen, informatiiviseen ja kognitiiviseen. [67, s. 286]

Kuten huomataan, on verkostokeskeisessä sodankäynnissä paljon yhtäläisyyksiä esineiden internet -konseptin kanssa. Ensinnäkin esineiden internet on verkostokeskeisen puolustuksen tavoin paljon enemmän, kuin vain järjestelmien fyysistä verkottumista. Esineiden internetin keskeiset lisäarvoa tuottavat arvoajurit jaettiin edellisessä alaluvussa kahteen yläkategoriaan; erilaisten esineiden ja järjestelmien väliseen tiedonvaihtoon perustuviin sekä käyttäjiensä toimintamalleihin vaikuttaviin järjestelmiin. Tämän kategorisoinnin myötä esineiden internetilläkin voidaan katsoa olevan fyysisen olemuksen lisäksi myös informaatio ja kognitiivinen ulottuvuus. Yhteistä kummallekin konseptille on myös se, että vaikka tiukasti integroidun verkostopuolustusjärjestelmän tai esineiden internetin rakentaminen ei ole tähän mennessä onnistunut täysimääräisesti vielä missään, on itsenäisten järjestelmien löyhästä integroinnista toimivaksi verkostoksi paljon hyviä kokemuksia [35, s. 2].

Tutkitun aineiston perusteella esineiden internetin sotilaalliset käyttökohteet muistuttavat valtaosin teollisuudessa ja kuluttajien keskuudessa nähtyjä sovelluksia. Sotilaallisten käyttökohteiden osalta esineiden internetin katsotaan soveltuvan teollisuudessa havaittujen esimerkkien lailla eritoten kustannustehokkuutta parantaviin sovelluksiin, kuten varuskuntien energiatehokkuutta parantaviin ratkaisuihin [95, s. 27], asejärjestelmien ennakoiiviin huoltojärjestelmiin [20, s. 10] tai ampumatarvikehuollon tehostamisratkaisuihin [7]. Kuvassa 8 on jo edelläkin esitetty kuva esineiden internetin järjestelmäarkkitehtuurista nyt sotilaalliseen toimintaympäristöön sovellettuna.



Kuva 8. Esineiden internet sotilaskäytössä

Kuten jo tutkimuksen aineistonkeruuvaiheessa tehdyt rajaukset antoivat olettaa, ei aineistoissa esiintynyt juurikaan yksityiskohtaisia esimerkkejä esineiden internetin soveltamisesta sotilaskäytössä. Sen sijaan aineistossa ilmeni lukuisia yleisluontoisia tulevaisuudenlupauksia, missä monipuolisella järjestelmien anturoinnilla ja verkottamisella saavutettaisiin joko kustannus-  
hyötyjä tai tehokkuutta. Periaatetason kuvaukset ovat kuitenkin tämän tutkimuksen tavoitteet huomioiden sangen riittävät. Aineistossa esiintyneiden käyttökohteiden toimintalogiikkaa soveltaen esineiden internet voidaan sisällyttää osaksi myös muita aineistossa esiintymättömiä järjestelmiä. Näitä käsitellään tarkemmin tutkielman neljännessä pääluvussa.

Mikäli esineiden internetin sotilassovellutusten tarkastelua suhteutetaan osaksi puolustusjärjestelmän osajärjestelmäjaottelua [57], niin yksiselitteistä rajanvetoa vaikutusten kohdistumisesta eri järjestelmiin on vaikea tehdä. Toisaalta osa aineistossa esiintyneistä sovelluksista liittyisi erityisesti johtamis-, logistiikka- ja taistelujärjestelmiin, mutta tällaistenkin järjestelmien seurannaisvaikutukset ulottuisivat todennäköisesti osaksi muitakin järjestelmiä.



Esineiden internetin ja puolustusjärjestelmän johtamisjärjestelmän välinen vuorovaikutus on monella tapaa koko ilmiön kannalta keskeinen. Kuten jo monesti aikaisemmin todettiin, esineiden internet perustuu käytännössä informaatiota tuottaviin ja kuluttaviin järjestelmiin, jotka ovat saumattomasti vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Sotilaallisesta näkökulmasta aivan ensimmäinen ratkaistava asia koskee tällöin Puolustusvoimien johtamisjärjestelmän teknistä rakennetta, jonka tulisi mahdollistaa hyvin heterogeenisen laitekannan yhteentoimivuus.

Logistiikkajärjestelmän osalta esineiden internetin katsottiin soveltuvan erityisesti ennakoivien kunnossapitojärjestelmien [91, s. 4; 95, s. 6] ja varastojen seurantajärjestelmien perustaksi [93, s. 630]. Ennakoivilla kunnossapitojärjestelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä ase- ja taistelujärjestelmiin integroitujen sensorien avulla kerätyn tilannetiedon perusteella toimeenpantavia kunnossapito- ja huoltotoimia, joiden tarkoituksena on lisätä järjestelmien käyttöastetta ja vähentää rikkoutumisia [20, s. 9]. Varastojen ja logistiikkaketjujen seurantajärjestelmien osalta tavoitteena on ensinnäkin paitsi luoda reaaliaikainen tilannekuva tarvikkeiden ja varaosien tosiasiallisesta tilanteesta myös toimitusketjujen kokonaisvaltainen tehostaminen. [94]

Logistiikkajärjestelmää koskevat uudistukset ovat monessa mielessä luonnollinen esineiden internetin sovellusalue, sillä esineiden internetin alkuperäiset käyttökohteet ovat yksityiselläkin sektorilla olleet nimenomaan logistiikan alalla [93, s. 630]. Tutkitun aineiston perusteella käy myös ilmi, että samaa toimintalogiikkaa hyödyntäen yksityisen sektorin palvelut ovat lähes sellaisenaan hyödynnettävissä myös sotilassektorilla. Toki uudenlaisia ongelmakohtia sotilaallisessa toiminnassa syntyy esimerkiksi elektronisen sodankäynnin tai tietoturvallisuuden näkökulmista.

Logistiikan näkökulmasta useassa lähteessä toistuivat erityisesti RFID-teknologiaan perustuvat varastojenseurantaratkaisut [92, s. 502; 94, s. 388]. Tällä hetkellä näyttääkin siltä, että RFID-teknologia on erityisasemassa esineiden internetin teknisen toteutuksen näkökulmasta, mutta konkreettisten sovellusten toteutusta pohdittaessa on kaikkia toteutusratkaisuja silti syytä katsoa aina tapauskohtaisesti mitään tiettyä teknologiaa perusteettomasti suosimatta.

Taistelujärjestelmien osalta aineistossa esiintyneet sovelluskohteet ovat lähes kaikki luokiteltavissa sotilaiden ja asejärjestelmien toimintakyvyn seurantaan tavalla tai toisella perustuviksi ratkaisuiksi. Konkreettisina esimerkkeinä esitetään usein joko sotilaiden fysiologiset seurantajärjestelmät [73, s. 186] yhdistettynä taisteluvälineiden erilaisiin sensoriratkaisuihin [95, s. 17] tai asejärjestelmien taistelukunnon seurantajärjestelmiin [93, s. 633]. Kaikkien järjestelmien ensisijaisina tavoitteina vaikuttaisi olevan paitsi tilanneymmärryksen kehittäminen myös tietysti taistelijoiden ja järjestelmien tehokkuuden lisääminen.

Joidenkin ratkaisujen seurannaisvaikutukset ulottuvat selkeästi usean eri osajärjestelmän alueelle, sillä esimerkiksi yksittäisten sotilaiden ampumatarviketilannetta seuraavat sovellukset tuottaisivat lisäarvoa todennäköisesti paitsi taistelujärjestelmän myös esimerkiksi logistiikka-järjestelmän näkökulmasta. Lisäksi ajoittain aineistoissa toistunut ajatus esineiden internetin ja erilaisten joukkoistamisratkaisujen [82, s. 2] välisestä suhteesta vaikuttaisi kenties esimerkiksi tiedustelu- ja valvontajärjestelmään siinä missä taistelujärjestelmäänkin.

Esimerkkeinä joukkoistamisratkaisuista esitettiin muun muassa erilaisia keinoja tilannetiedon keräämiseen hyvin laajalta alueelta älypuhelimien sensoreita hyödyntäen. Toisaalta mahdollisuuksia nähtiin myös esimerkiksi erilaisten paikkatietokantojen hyödyntämisessä. [78, s. 4] Näissä toki piilee aina omat riskinsä, joista viimeaikaisena osoituksena kuntoilupalveluja tarjoavan Strava -yhtiön julkaisemat, muun muassa sotilastukikohtien sijainteja sisältävät paikkatiedot [74].

Lukuisista potentiaalisista käyttökohteista huolimatta useassa artikkelissa korostettiin esineiden internetin ja erityisesti sen sotilassovellutusten olevan vielä hyvin alkuvaiheessa [37]. Vielä toistaiseksi ratkaisemattomina ongelmia pidettiin paitsi esineiden internetiin kohdistuvia yhteentoimivuus- ja standardointiongelmia myös erityisesti sotilaalliseen toimintaan keskeisesti liittyvää elektronisen sodankäynnin ulottuvuutta [20, s. 18]. Lisäksi aineistossa korostui julkisen rahoituksen piirissä toimivien organisaatioiden mahdolliset kannustinongelmat [46, s. 6; 95, s. 22], jotka eivät useinkaan edistä mahdollisesti korkeitakin käyttöönottokustannuksia aiheuttavien, pitkän aikavälin säästöjä tuottavien ratkaisujen yleistymistä. Edelleen aineistoissa esiintyi huoli sotilaallisesti arkaluontoisen tiedon asianmukaisesta käsittelystä [78, s. 4] sekä sotilaiden kognitiivisen kuorman kasaantumisesta [80, s. 114].

Mikäli sotilasesineiden internetinä tarkastellaan puolustusjärjestelmän sijasta sen sovelluskohdeiden näkökulmasta, aineistoista on tunnistettavissa selkeästi kolme määräävää kategoriaa. Tätä samaa kategorisointia noudattaa myös Naton IST-147 -tutkimusohjelma, jossa esineiden internetin käyttökohteita tarkastellaan erityisesti taktisen tasan tilannekuvan, logistiikka-järjestelmän ja sotilasterveydenhuollon näkökulmista [79].

## 2.5. Yhteenveto

Kun tutkimuskirjallisuudessa keskustellaan esineiden internetistä, tarkoitetaan sillä lähes aina jotakin hieman utopististakin visiota, jossa kaikki laitteet ovat kaikkialla yhteentoimivia sekä autonomisesti toisistaan kiinnostuneita ja samaan tavoitteeseen pyrkiviä. Todellisuus on kuitenkin ainakin tällä hetkellä pikemmin niin, että esineiden internet on, erityisesti teknisestä näkökulmasta, useimmiten ainoastaan vain joukko erilaisia paikallisia ratkaisuja vailla todellista

eri järjestelmiä yhdistävää yhteentoimivuutta. Esineiden internetiin kohdistetut odotukset vaativat toteutukseen vielä monen ongelman ratkaisemisen ja toimintojen yhteensovittamisen.

Yhtä vääristynyt näyttäisi olevan myös käsitys siitä, että esineiden internet olisi jotakin mikä vaivatta voitaisiin jälkiasentaa osaksi nykyisiä käytössä olevia järjestelmiä. Tämä ei toki tarkoita, etteivätkö jälkiasennukset olisi mahdollisia, mutta valtaosassa palvelulupauksia esineiden internet mullistaa vanhat toimintamallit niin perusteellisesti, ettei sen hankkiminen ainoastaan lisäosina olisi useinkaan käytännössä mahdollista. Tämän takia sotilaskäyttöön sovellettavan esineiden internetin mahdollistamia uusia palvelumuotoja ja suorituskykyjä tulisikin pohtia jo osana suorituskykyjen konseptointi- ja määrittelyvaiheita, eikä pelkästään joukkoja ja järjestelmiä tuottavassa hankkeiden toteutusvaiheessa [24].

Selvää on myös, että esineiden internetiä tulee tarkastella vain yhtenä osana eri toimialojen digitalisaatiota. Kuten useasti aikaisemmin osoitettiin, hyvin poikkeuksellinen esineiden internetin konsepti on paitsi syntynyt osana yleistä teknologista kehitystä myös irrottamaton osa montaa muuta samoista lähtökohdista ponnistavaa trendiä. Tämä käy selväksi esineiden internetiä koskevaan tutkimuskirjallisuuteen tutustuessa, sillä niissä toistuvat useat muut teknologisen kehityksen trenditermit, kuten koneoppiminen, pilvilaskenta, tekoäly tai big data.

Toimintalogiikoiltaan esineiden internetin sovellukset ja palvelulupaukset ovat kategorisoitavissa edelleen jo vuonna 2010 esitettyyn jaotteluun joko laitteiden välistä automaatiota lisäävien tai käyttäjiinsä kohdistetun palautteen perusteella toimiviin ratkaisuihin. Näille molemmille, ja täten liki kaikille esineiden internetin oletetuilla sovelluskohteille, yhteistä oli niiden perustuminen uudenaikaiseen tapaan kerätä ja kuluttaa dataa. Esineiden internet siis mahdollistaa vaivattoman informaation keräämisen ja tähän perustuvat uudet liiketoimintamallit.

Oli kyseessä sitten yksityisten yritysten toimintojen tai esimerkiksi Puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän tehostamisesta, molemmissa on kyse toimitusketjuihin liittyvän datan keräämisestä ja hyödyntämisestä keinoilla, jotka vielä jokin aika sitten olivat joko liian kalliita tai muuten mahdottomia toteuttaa. Sama pätee esimerkiksi raskaan kuljetuskaluston toimintakunnon reaaliaikaisen diagnostiikan ja ennakoivan kunnossapidon tapauksissa, kuin myös vaikkapa ikääntyneen henkilön tai sotilaan fysiologisia toimintoja seuraavien sensoreiden datan avulla kohdistetuissa terveydenhoidon palveluissa.

Arvoa esineiden internet tuottaa näkökulmista riippumatta käytännössä kolmella tapaa. Se mahdollistaa olemassa olevien tuotteiden kehittämisen, toimintojen tehostamisen sekä jossain tapauksissa täysin uusien liiketoimintamallien tuottamisen. Yksityisellä sektorilla esineiden internetin käyttöönoton ajureina toimivat verkottumisen avulla saavutettavat kilpailuedut, jotka

lopulta konkretisoituvat yritysten kasvavana tuloksenteekokyknä. Julkisella sektorilla, kuten Puolustusvoimissa, ajureina toimivat paitsi mahdolliset kustannussäästöt myös järjestelmien aikaisempaa parempi suorituskyky.

Esineiden internetin tekniseen toteutukseen sen enempää paneutumatta mainittakoon, että vaikka esineiden internet jo terminäkin viittaa maailmanlaajuiseen tietoverkkojen järjestelmään, voidaan myös paikalliset ainoastaan sisäverkkoihin eristetyt ratkaisut tulkita osaksi esineiden internetiä. Oleellista ei aineiston perusteella vaikuta niinkään olevan erilaisten laitteiden oleminen juuri kaikille avoimen tietoverkon piirissä, vaan ajatus etäkäytettävistä dataa tuottavista ja kuluttavista laitteista on tätä tärkeämpi. Liittyminen siis varsinaiseen internetiin on toisijaista ja yhtälailla myös suljetut järjestelmät kuuluvat osaksi esineiden internetistä käytävää keskustelua.

Toteutustavoista tuotakoon myös ilmi nykyisin vallitseva käytäntö esineiden internetin tietoverkkojen langattomuudesta. Useissa potentiaalisista käyttökohteista esineiden internet perustuu erityisesti palveluketjun loppupäässä langattomaan tiedonsiirtoon, joka on syytä ottaa huomioon aina erilaisia käyttökohteita pohdittaessa. Erityisesti sotilaallisessa kontekstissa tämä voi altistaa erilaisten esineiden langattomat tiedonsiirtoväylät moninaisille elektronisen sodankäynnin muodoille sekä synnyttää esimerkiksi tietoverkkovaikuttamisen näkökulmasta aivan uudenlaisia hyökkäysrajapintoja.

Lopuksi mainittakoon vielä havaitusta esineiden internetin käsitteeseen liittyvästä yksityiskohdasta. Vaikka Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen mukaan termillä esineiden internet tarkoitetaan eritoten kuluttajien näkökulmaa tähän ilmiöön, on sen englanninkielinen vastine vakiinnuttanut tiedeyhteisössä paikkansa koko ilmiötä laajemmin kuvaavana terminä. Näin tässäkin työssä tähän käsitteeseen suhtaudutaan.

Mikä siis kaiken tämän jälkeen on esineiden internet? Esineiden internetin voi kuvailla olevan valtava kokoelma erilaisia teknisiä ratkaisuja, joissa aikaisemmin tietoverkoista irrallisina toimineet komponentit ja esineet toimialaan katsomatta toimivat nykyisen teknologisen kehityksen mahdollistamana osana joko paikallisia lähiverkkoja tai internetiä. Tietoliikenneyhteyksillä ja laitteisiin integroiduilla toimilaitteilla, prosessoreilla ja sensoreilla mahdollistetaan uudenlaisen datan tuotanto, tähän liittyvä analytiikka ja sen mahdollistama uudenlainen liiketoiminta, joka näyttäytyy usein esimerkiksi toimintojen etäkäyttönä ja -monitorointina sekä prosessien optimointina.

### 3. SUORITUSKYKYJEN KEHITTÄMINEN

#### 3.1. Yleistä

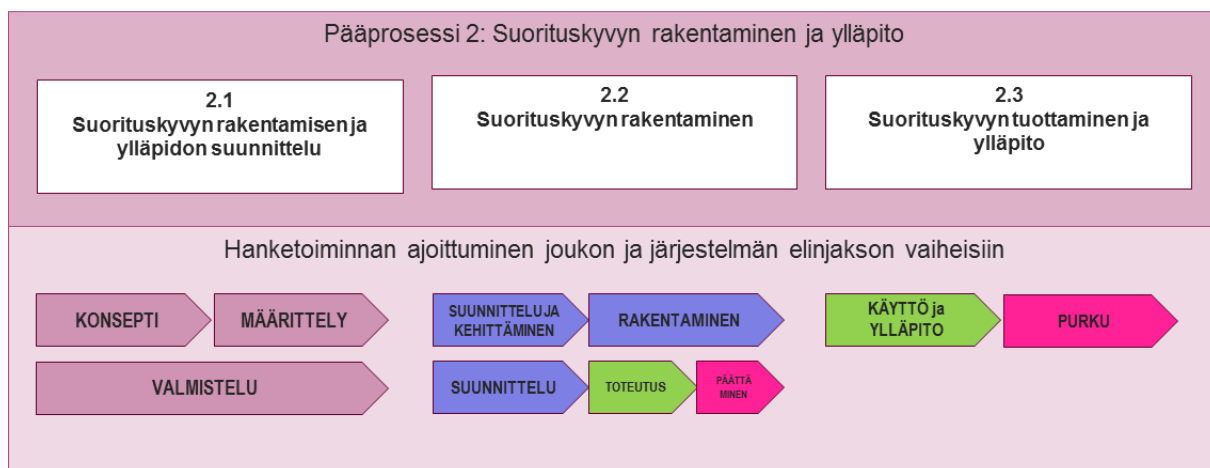
Tässä luvussa käsitellään Puolustusvoimien suorituskykyjen suunnittelun ja kehittämisen sekä suorituskykyjen rakentamisen ja ylläpidon prosesseja. Näitä prosesseja on syytä sivuta tässä tutkimuksessa jo pelkästään siitä syystä, että tutkimuksen osana toteutettu seurannaisvaikutus-analyysi liittyy usein nimenomaan suorituskykyjen kehittämiseen. Ymmärrys suorituskykyjen kehittämisen ja rakentamisen prosesseista mahdollistaa puolustusjärjestelmän kehittämisen ja tämän tutkimuksen välisen rajapinnan hahmottamisen. Tämän lisäksi luvussa tarkastellaan suorituskykyjen käsitemallin ja erityisesti DOTMLPFI-tarkistuslistan suhdetta näihin edellä mainittuihin prosesseihin. Luvussa esitellään myös sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin potentiaalisia seurannaisvaikutuksia arvioivan tutkimusvaiheen analyysiasetelma.

Puolustusvoimien ja puolustusjärjestelmän pitkäjänteinen normaali- ja poikkeusolojen rakentaminen toteutetaan osana Puolustusvoimien strategista suunnittelua. Strategisen suunnittelun osana tehtävät päätökset koskevat paitsi puolustusratkaisun toteuttamista, myös puolustusjärjestelmän kokonaisuuden ja sen osajärjestelmien kehittämistä. Suunnittelu tapahtuu lähtökohdaisesti neljän vuoden rytmiä noudattavalla suunnitteluprosessilla, jossa puolustusjärjestelmän kehittämistä arvioidaan pisimmillään 12 vuoden aikajänteellä [58, s. 1] ja jota tuetaan muun muassa puolustusvoimien tutkimus- ja kehittämistoiminnalla [60, s. 5].

Puolustusvoimien johtamista tuetaan Puolustusvoimien toiminnanohjausjärjestelmään kuuluvalla prosessiohjauksella, johon erikseen normistolla määritetyt päämäärät, tavoitteet, periaatteet, prosessirakenteet, vastuut sekä tehtävät sisältyvät. Prosessiohjauksen päämääränä on tukea Puolustusvoimien strategian toteutumista sekä edistää Puolustusvoimien tuloksellisuutta ja tavoitteellisuutta. Puolustusvoimien neljä pääprosessia ovat suorituskyvyn suunnittelu ja kehittäminen, suorituskyvyn rakentaminen ja ylläpito, suorituskyvyn käyttö sekä palvelutoiminta. [59, s. 5]

Suorituskyvyn suunnittelun ja kehittämisen prosessissa määritetään Puolustusvoimien tavoite-tila, kehitetään puolustusjärjestelmän käyttö- ja toimintaperiaatteet, suunnitellaan Puolustusvoimien toiminnan ja puolustusjärjestelmän kehittäminen sekä suunnitellaan, seurataan ja toimeenpannaan Puolustusvoimien toimintaa ja resursseja. Lisäksi prosessi tuottaa perusteet puolustusjärjestelmän kehittämiselle. [59, s. 6]

Toisessa pääprosessissa rakennetaan ja ylläpidetään Puolustusvoimien tehtävien edellyttämä suorituskky. Prosessin keskeiset syötteet ovat puolustusjärjestelmän kehittämisen perusteet ja suorituskkyjen käyttäjien vaatimukset. Prosessin päätuotteena toimivat erilaisina hankkeina rakennettavat suorituskvyn käsitellin järjestelmänäkymän mukaiset kokonaisuudet. [24, s. 8; 59, s. 6] Kuvassa 9 on havainnollistettu hanketoiminnan suhdetta joukon ja järjestelmän elinjakson eri vaiheisiin.



Kuva 9. Hankkeen vaiheiden sijoittuminen suhteessa joukon ja järjestelmän elinjakso-malliin sekä Puolustusvoimien toiseen pääprosessiin [24, s. 9]

Perusteet hanketoimintana rakennettavien uusien suorituskkyjen kehittämiseksi laaditaan osana ensimmäisessä pääprosessissa tuotettavaa Puolustusvoimien kehittämisohjelmaa, jota tarkennetaan myöhemmin toisessa pääprosessissa Pääesikunnan ja sen alaisten laitosten sekä puolustushaarojen kehittämissuunnitelmiksi. Puolustusvoimien kehittämisohjelman suunnittelu ja laadinta perustuu muun muassa Puolustusvoimien tavoitetilassa esitettyihin suorituskkyvaatimuksiin sekä puolustusjärjestelmän käyttö- ja toimintaperiaateasiakirjoihin, joita myös puolustusjärjestelmäkoneptiksi kutsutaan. [58] Kehittämissuunnitelmat määrittävät suorituskkyjen rakentamisen kahdeksan vuoden ajanjaksolla [32].

Suorituskkyjen osatekijät suunnitellaan osana toisen pääprosessin ensimmäistä alaprosessia. Suorituskvyn rakentamisen ja ylläpidon suunnittelu -alaprosessissa tarkennetaan joukkojen ja järjestelmien kehittämisen ja rakentamisen suunnitelmia ja yhteensovitetaan ne ennen suorituskvyn rakentamisvaiheeseen siirtymistä. Samalla varmistetaan suunnittelun tarkentuessa havaittujen seurannaisvaikutusten vastaavuus suunnitteluperusteissa asetettuihin kehittämisperi-aatteisiin ja reunaehtoihin. [76, s. 17]

Joukkojen ja järjestelmien elinjaksomallin näkökulmasta uusien suorituskyykyjen konseptointi- ja määrittelyvaiheet toteutuvat ainakin pääosiltaan siis jo osana Puolustusvoimien kehittämisohjelmaa. Ensimmäisessä pääprosessissa tuotetut konseptit toimivat sittemmin toiseen pääprosessiin sisältyvän käyttö- ja toimintaperiaatteiden suunnittelun pohjana, jonka myötä hankkeena tuotettaville joukoille ja järjestelmille suunnitellaan tarkennetut käyttökonseptit. [76, s. 17]

Puolustusvoimien suorituskyykyjen kehittämisessä on täten useita yhtäläisyyksiä tulevaisuudentutkimuksen kanssa. Puolustusvoimien tutkimus- ja kehittämistoiminta arvioi osaltaan sitä, minkälainen uusien suorituskyykyjen tulevaisuuden toimintaympäristö on ja minkälaisia vaatimuksia suorituskyykyihin kohdistuu. Puolustusvoimissa laajalle ulottuva perinne erilaisten konseptien hyödyntämisestä päätöksenteon apuvälineenä voidaan taas nähdä eräänlaisena skenaariometodina, jota tulevaisuudentutkimuksessakin laajasti käsitellään.

Suorituskyykyjen kehittämisen ja rakentamisen yhteydessä mainittavista konsepteista on kuitenkin todettava, etteivät ne käsitteinä ole aina täysin yksiselitteisiä. Yhden määritelmän mukaan konseptilla tarkoitetaan halutun vaikutuksen ja siihen pääsemisen toiminnallista kuvausta, joka ohjaa puolustusjärjestelmän tai sen osan kehittämistä. Konsepti kuvaa asiakkaan tahtotilan yleiskielisesti siten, että kaikki sidosryhmät kykenevät ymmärtämään mitä ja miksi ollaan jotain tekemässä. [77, s. 5]

Konsepteja voidaan laatia monenlaisiin tarpeisiin; esimerkiksi suorituskyykykonsepti voidaan laatia kuvaamaan millaisilla sotilaallisissa kyvykkyyksillä tehtävä täytetään. Toimiala- tai palvelukonseptilla voidaan kuvata miten jokin kyvykkyys muodostetaan ja esimerkiksi järjestelmäkonseptilla voidaan kuvata millaisista osista järjestelmä muodostuu ja miten niitä käytetään. [36, s. 64] Puolustusjärjestelmäkonseptissa määritetään taas muun muassa Puolustusvoimien käyttö- ja toimintaperiaatteet, joukkorakenteet ja johtamis- ja hallintorakenteet [60, s. 8]. Toisaalta joukkojen ja järjestelmien kehittämiseksi laaditusta konseptista käytetään mainittua nimitystä käyttökonsepti [77, s. 6]. Hieman vanhemmissa Puolustusvoimien julkaisuissa puhutaan erikseen vielä myös operatiivisista konsepteista [55, s. 54], joskaan tuoreimmissa normeissa ei näistä ole enää mainintoja. Operatiivisen konseptin kuvattiin olevan suorituskyykyyn käyttäjän kuvaus siitä, miten tämä on suunnitellut hankittavaa suorituskyykyä käytettävän ja mitä käyttäjä olettaa järjestelmän tekevän [34, s. 97]. Yhtäläisyys sittemmin Puolustusvoimien sisäisessä ohjeistuksessa esiintyvään käyttökonseptin käsitteeseen on ilmeinen, mutta synonyymeina niitä ei voi operatiivisen konseptin laajuudesta johtuen pitää. Entistä operatiivista konseptia voitaneen pikemmin tulkita nykyisten erilaisten konseptien yhdistelmänä, kuin suoranaisena vanhentuneena käyttökonseptin korvikkeena.

Koska mahdollisia konsepteja on monia, yleensä ei ole mielekasta määritellä ainoastaan yhtä konseptin rakennetta tai tapaa laatia konseptia. Yleisesti konsepteissa tulisi kuitenkin ottaa kantaa muun muassa seuraaviin asioihin: ketkä ovat konseptin keskeiset toimijat ja mitä järjestelmiä ne käyttävät? Millaisesta toimintaympäristöstä on kyse? Mikä on joukoilta ja järjestelmiltä haluttu toiminnallisuus? [36, s. 64] Vaikka tutkielman seuraavassa luvussa esitettävät kuvitteelliset esimerkit erilaisista sovelluskohteista eivät edes yritä olla virallisia konsepteja, voi niitä silti tarkastella havainnollistavina esimerkkeinä sotilasesineiden internetin mahdollisuuksista.

Syytä lienee vielä erikseen korostaa tämän tutkimuksen osana laadittujen esimerkkien erittäin spekulatiivista luonnetta. Vaikka tavallisesti erilaiset konseptit laaditaan aina paitsi rinnan suorituskäy- ja kyvykkyysvaatimusten kanssa myös osana laajempia kehittämissuunnitelmia, tässä työssä ei ollut käytettävissä kumpaakaan. Toisaalta juuri tässä tapauksessa niiden puuttumisen merkityksen voidaan arvioida olevan hieman tavanomaista pienempi, sillä esineiden internetin kannustimet ovat osoitetusti usein jo olemassa olevien toimintojen optimoinnissa, ei välttämättä täysin uusien palveluiden luomisessa. Tällöin erilaisten järjestelmien olemassa olevat suorituskäyvaatimukset sopivat hyvin tarkastelun perustaksi, joskaan niistäkään ei virallisia dokumentteja tässä työssä hyödynnetty.

Eri konseptivaihtoehtojen selvityksessä voidaan käyttää apuna myös teollisuudelle osoitettuja tietopyyntöjä (engl. request for information, RFI), jotka tavallisesti lähetetään toki vasta alustavan konseptointimäärittelyn jälkeen [34, s. 89]. Yksi tapa suhtautua tässä työssä laadittuihin esineiden internetin sotilassovellutuksia havainnollistaviin esimerkkeihin voikin olla tällaista RFI-kierrosta edeltävinä käyttökonseptiluonnoksina, mutta perusteellista tarkastelua ne eivät puutteellisesta laadintaprosessista johtuen tietenkään kestä. Esimerkit ovat kuitenkin pyritty laatimaan ennakkoluulottomasti nykyisistä toimintatavoista liikaa piittaamatta, aivan kuten Puolustusvoimien julkaisuissa on konseptien laadinnasta ohjeistettu [55, s. 57]. Esimerkit eivät noudata mitään virallista konseptin rakennetta tai kaavaa, mutta toisaalta senkään ei katsottu olevan kovin vaarallista, sillä tämän työn asetelma on monelta osin muutenkin melko poikkeuksellinen.

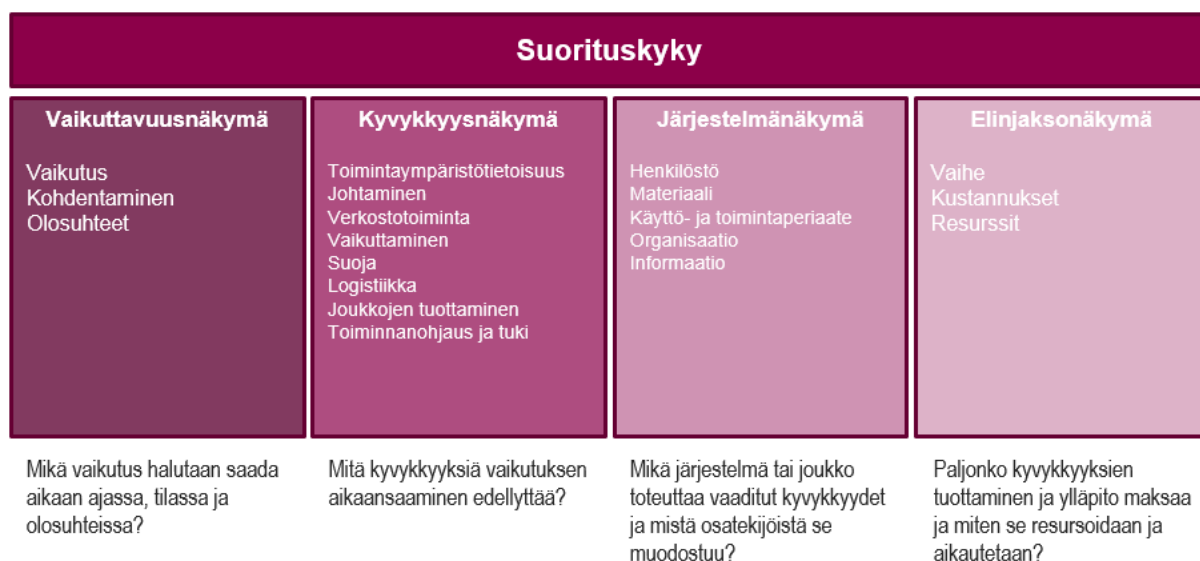
### 3.2. Suorituskäyvyn käsitelmä

Kaikkien suorituskäyvyn määrittämiseen ja kehittämiseen osallistujien yhteisen termistön ja käsityksen takaamiseksi Puolustusvoimissa on laadittu suorituskäyvyn käsitelmä. Sotilaallisen suorituskäyvyn käsite kuvaa millaisista osista suorituskäyky muodostuu ja millaisia ominaisuuksia suorituskäyvällä on. Käsitelmä on myös sovelluskohderiippumaton ja on siten hyödynnettävissä mahdollisimman monessa käyttökohteessa. Mallia käytetäänkin kaikissa suorituskäyvyn kehittämisen vaiheissa puolustusjärjestelmän strategisesta suunnittelusta kehittämisohjelmiin,



hankkeisiin ja hankintoihin. [36, s. 68] Yleiskäyttöisen käsittemallin keskeisin tavoite on tukea suorituskäytännöistä kehittämistä, jossa tarve ja ratkaisu on erotettu toisistaan [75, s. 3].

Suorituskyvyllä tarkoitetaan kykyä saavuttaa haluttu vaikuttavuus määritellyissä olosuhteissa. Kyvykkyys taas on toiminnallinen ominaisuus tai toiminnallinen kapasiteetti, joka edellytetään halutun vaikuttavuuden aikaansaamiseksi. Käsitteellisesti suorituskäyttö on objekti, jolla on vaikuttavuus- ja kyvykkyysnäkökymien kuvaamia ominaisuuksia, ja joka koostuu järjestelmänäkymän mukaisista rakenneosista, on jossakin elinjaksonäkymän kuvaamista elinjakson vaiheista ja jonka kustannus- ja resurssivaikutus on kuvattu elinjaksonäkymässä. [75, s. 3] Suorituskyvyn näkömajaottelua on havainnollistettu kuvassa 10.



Kuva 10. Suorituskyvyn käsittemalli [75, s. 4]

Suorituskyvyn vaikuttavuus- ja kyvykkyysnäkökymät ovat immateriaalisia: ne siis kuvaavat suorituskäytännöä ottamatta varsinaisesti kantaa siihen minkälaisella järjestelmällä tai joukolla suorituskäyttö toteutetaan. Suorituskäytännöjen konkreettisen toteutuksen määrittelee järjestelmänäkö, joka kuvaa järjestelmän tai joukon rakenneosat. [36, s. 71] Elinjaksonäkö kuvaa suorituskäytännön toteuttavan joukon tai järjestelmän elinjakson vaiheita ja niihin liittyviä tehtäviä, kustannuksia ja resursseja [75, s. 3]. Vaikka sanat kyky ja kyvykkyys voidaan ymmärtää synonyymeinä, Puolustusvoimien suorituskäytännömallissa käsite kyvykkyys tarkoittaa potentiaalia tehdä jotain. Kyvykkyys toteuttaa yksi tai useampi joukko tai järjestelmä, jolloin muodostuu suorituskäyttö. [36, s. 71]

Vaikuttavuusnäkökulma kuvaa suorituskyvyn vaikutuksen alueellisesti ja ajallisesti vaadituissa olosuhteissa. Näkökulma kuvaa, mikä on tarkasteltavan suorituskyvyn vaikutus sen kohteeseen ja mitkä ovat oheisvaikutukset muihin toimijoihin. Lisäksi näkökuvassa kuvataan, miten suorituskyykyä tulee voida kohdentaa ajallisesti ja alueellisesti sekä ne olosuhteet, joissa kyykyä tulee voida käyttää. [75, s. 4] Uusien suorituskyykyjen vaikuttavuusnäkökuvan vaatimukset määritetään osana puolustusvoimien strategista suunnittelua. Vaikuttavuusnäkökuvan vaatimukset toimivat myöhemmin suorituskyyvyn osatekijöiden, erityisesti järjestelmänäkökuvan rakenneosien suunnittelun perustana. [76, s. 17]

Kyykykyys taas on potentiaalia käyttää joukkoja ja järjestelmiä suorituskyyvyn aikaansaamiseksi [36, s. 74]. Kyykykyysnäkökulma kuvaa, mitä kyykykyyskäsiä suorituskyyvyn muodostamiseksi tarvitaan. Kyykykyysnäkökulma on vaikuttavuusnäkökuvan kaltaisesti toteutusriippumaton: se ei ota kantaa siihen, miten kyykykytydet muodostetaan: esimerkiksi muuttamalla toimintatapaa, organisoimalla asioita uudelleen tai hankkimalla jokin tekninen laitteisto. Kyykykyyskäsiön rakentamiseksi toiminnot on aina kytkettävä johonkin joukkoon tai järjestelmään, eli vasta järjestelmänäkökuvan rakenneosat konkreettisesti toteuttavat kyykykytydet. [75, s. 6]

Kyykykytydet ryhmitetään kahdeksaan ryhmään. Haluttu suorituskyyky määrittää tarvittavat kyykykytydet. Useimmiten vaikuttavuuden aikaansaamiseksi tarvitaan useita eri kyykykytyksiä. [75, s. 6] Kyykykyysvaatimukset on tarkoitettu alun perin erityisesti puolustusjärjestelmä- ja osajärjestelmätason suorituskyykytarpeiden ilmaisemiseen. Ne soveltuvat kuitenkin myös joukko- ja järjestelmätason suorituskyykyjen määrittämiseen, vaikkakin joukoilla ja järjestelmillä voi olla myös sellaisia kyykykytyksiä, joita ei tältä listalta löydy. [36, s. 75]

Järjestelmänäkökulma kuvaa mikä joukko tai järjestelmä toteuttaa halutun vaikutuksen aikaansaamiseksi vaadittavat kyykykytydet ja mistä rakenneosista se koostuu. Näkökulma siis kertoo miten vaikuttavuus- ja kyykykyysnäkökuvissa kuvatut vaikuttavuudet ja kyykykytydet realisoituvat järjestelmänä tai joukkona. [36, s. 81] Järjestelmällä tarkoitetaan toiminnaltaan yhteen kuuluvien osien kokonaisuutta. Mikäli erikseen muuta ei määritellä, sotilaallisessa kontekstissa järjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka koostuu henkilöstön, materiaalin, käyttö- ja toimintaperiaatteiden, organisaation sekä informaation toisiinsa integroiduista rakenneosista. [75, s. 11]

Elinjaksonäkökuvassa kuvataan suorituskyyvyn tuottavien joukkojen ja järjestelmien elinjaksojen vaiheita, resursseja sekä kustannuksia ja muita resurssien käytön toteumia [75, s. 13]. Elinjaksonäkökuvaa käytetään erityisesti suorituskyykyjen elinjaksonhallinnassa sekä hankkeiden suunnittelussa osana joukkojen ja järjestelmien elinjaksojen hallintaa [75, s. 15]. Elinjaksonäkökuvan suorituskyykyjen kehittämiseksi asettamat reunaehdot määritetään järjestelmänäkökuvan vaatimusten kaltaisesti osana Puolustusvoimien hankeohjausta. [76, s. 15]

Esineiden internetin sotilaalliset sovellutukset konkretisoituisivat Puolustusvoimien suorituskykyjen osalta todennäköisesti erityisesti kyvykkyys- ja järjestelmänäkymissä. Näkymien yksityiskohtaiseen tarkasteluun ei tässä kuitenkaan sen enempää perehdytä – eri kyvykkyysalueiden ja järjestelmänäkymän yksityiskohtaiset kuvaukset löytyvät suorituskyvyn käsitemallia tarkentavasta Pääesikunnan suunnitteluosaston ohjeesta [75].

Suorituskyvyn käsitemallia käsiteltiin tässä luvussa juuri sen perimmäisen tarkoituksen vuoksi; varmistamaan yhteinen ymmärrys suorituskykyjen keskeisestä termistöstä ja käsitteistöstä. Lisäksi tutkimuksessa hyödynnetyn DOTMLPFI-tarkistuslistan ja käsitemallin järjestelmänäkymän välillä on oma erityinen suhteensa, jota havainnollistetaan tarkemmin seuraavassa alaluvussa.

### 3.3. Analyysiasetelma

Uusien suorituskykyjen rakentamiseen liittyy usein keskeisesti seurannaisvaikutusanalyysi, jolla pyritään selvittämään minkälaisia toimenpiteitä uuden suorituskyvyn luominen ympäristöltään edellyttää tai minkälaisia muutostarpeita se ympäristössään synnyttää [11]. Tehtävässä käytetään yleensä vakiomuotoisia tarkistuslistoja, joista Suomen Puolustusvoimissa käytetään alun perin yhdysvaltalaisen kehittämää DOTMLPFI-mallia. DOTMLPFI-akronyymi tulee sanoista Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability ja information. [13, s. 122]

Doktriini (D) tarkoittaa kaikkia niitä peruseriaatteita, jotka ohjaavat puolustusjärjestelmän käyttöä tavoitteiden saavuttamiseksi. Organisaatio (O) on kuvaus joukkorakenteesta ja toiminnallisesta rakenteesta. Koulutus- ja harjoitustoiminta (T) käsittää palkatun henkilöstön perus-, jatko- ja täydennyskoulutuksen sekä asevelvollisten koulutuksen ja harjoitustoiminnan, joilla pyritään vastaamaan eri tasojen tehtävävaatimuksiin sekä muihin puolustusjärjestelmän suunnittelun ja rakentamisen käytön edellyttämiin osaamistarpeisiin. Materiaali (M) käsittää kaikki puolustusjärjestelmään kuuluvat tai sen käytön edellyttämät laitteet ja välineet mukaan lukien varaosat. Johtajuus ja johtajakoulutus (L) tarkoittaa kykyä johtaa organisaatiota, toimintaa tai yksilöitä sotilaallisen tai muun tavoitteen saavuttamiseksi tai muutoksen aikaansaamiseksi. Henkilöstö (P) käsittää pätevän henkilöstön saatavuuden ja riittävyyden puolustusjärjestelmän suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön suunniteluissa ja suunnittelemattomissa tehtävissä normaali- ja poikkeusoloissa. Infrastrukturi (F) tarkoittaa Puolustusvoimien hallinnassa olevan tai puolustusjärjestelmän käytön edellyttämää kiinteää omaisuutta tai kiinteistöä. Yhteistoimintakyky (I) on kykyä suunnitellun toiminnan toteutukseen yhdessä muiden joukkojen ja järjestelmien kanssa. Informaatio (i) käsittää puolustusjärjestelmän suunnittelun, rakentamisen ja käytön edellyttämät ulkoiset ja sisäiset tiedot. [11]

Kuvassa 11 on havainnollistettu DOTMLPFI-tarkistuslistan osatekijöiden ja suorituskyvyn käsitemallin järjestelmänäkymän välistä suhdetta.

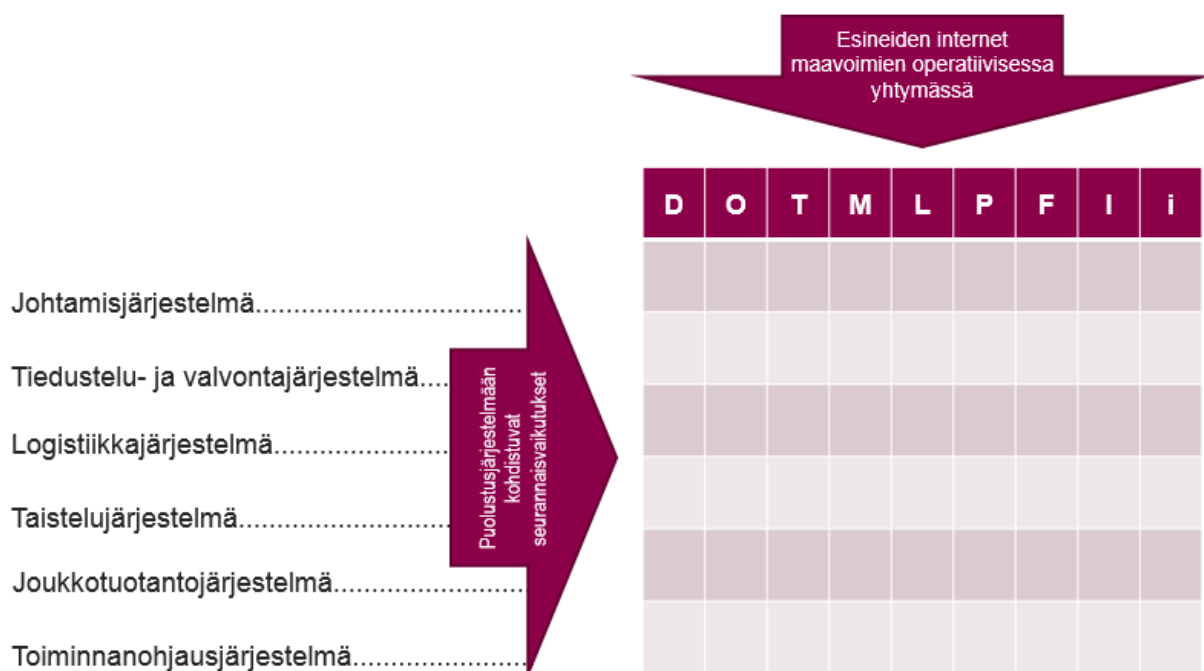


Kuva 11. DOTMLPFI-tarkistuslistan liityntä suorituskyvyn käsitemallin järjestelmänäkymään [11]

Muita vastaavia tarkistuslistoja ovat esimerkiksi isobritannialaisten käyttämä TEPIDOIL (Training, Equipment, Personnel, Infrastructure, Doctrine & concepts, Organization, Information, Logistics) tai kanadalaisten PRICIE (Personnel, R&D, Infrastructure, Concept development, IT-infrastructure, Equipment). [13, s. 122] Pelkän tarkistuslistan asemasta esimerkiksi DOTMLPFI-mallia voidaan hyödyntää kaksoiskäytössä sekä muistilistana, että suorituskykyä hahmottavana käsitemallina. Suomessa DOTMLPFI-mallin käyttö on rajattu kuitenkin käytännössä ainoastaan seurannaisvaikutusten analysointiin varsinaisen suorituskyvyn käsitemallin muodostaessa suorituskykyjen yhtenäisen käsitteistön.

Edellä esitetyt tarkistuslistat ovat seurausta viimeaikaisesta kehityksestä sotilaallisen suorituskyvyn kokonaisvaltaisemmassa tarkastelutavassa. Vielä muutama vuosi sitten Suomessakin sotilaalliseen suorituskykyyn suhtauduttiin suppeammin ainoastaan joukon, materiaalin, käyttöperiaatteen sekä näitä tukevan tukeutumisjärjestelyn ja infrastruktuurin muodostamana kokonaisuutena [38, s. 410]. Perinteisesti sotilaallista suorituskykyä onkin ajateltu ensisijaisesti ainoastaan sen materiaallisen osatekijän kautta. Sitten suorituskykyjä on kuitenkin alettu tarkastelemaan pikemmin holistisina järjestelmien järjestelminä, kuin yksittäisinä toisistaan irrotettuina asejärjestelminä. [3]

Tässä tutkimuksessa sotilasesineiden internetistä mahdollisesti seuraavia muutostarpeita ja seurannaisvaikutuksia analysoitiin puolustusjärjestelmän osajärjestelmittäin kuvassa 12 esitetyn asetelman tavoin.



Kuva 12. Analyysiasetelma. Sovellettu lähteestä [82]

Sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin seurannaisvaikutusanalyysi toteutettiin kuvassa 12 esitetyn matriisiasetelman mukaan. Osana tätä tutkimusta laadittuja kuvitteellisia sotilaallisten esineiden internetin esimerkkejä ja tutkimuksen teoriaosuutta hyödyntäen esineiden internetin mahdollisesti aiheuttamia vaikutuksia tarkasteltiin kunkin puolustusjärjestelmän osajärjestelmän osalta erikseen. Kuvassa esitetyn taulukon kukin solu edustaa yksilöllistä analyysitapausta, jossa mahdollisimman yleisluontoisesti ymmärretyn sotilasesineiden internetin vaikutuksia analysoitiin.

Tarkastelukehyksenä käytettiin julkista Maavoimien operatiivisen yhtymän 2035 -konseptia [42], mutta tarkastelun yleisluontoisuudesta johtuen sillä tuskin on merkittävää painoarvoa analyysin lopputuloksiin. Tällainen kehys kuitenkin katsottiin tarpeelliseksi paitsi analyysin rajaamiseksi, myös mahdollistaakseen tulosten sitomisen johonkin konkreettiseen toimintaympäristöön. Analyysissä hyödynnetyt esimerkit esitellään seuraavan luvun alussa ja puolustusjärjestelmän osajärjestelmien tarkemmat kuvaukset löytyvät Pääesikunnan suunnitteluosaston strategisen suunnittelun ohjeesta [57].

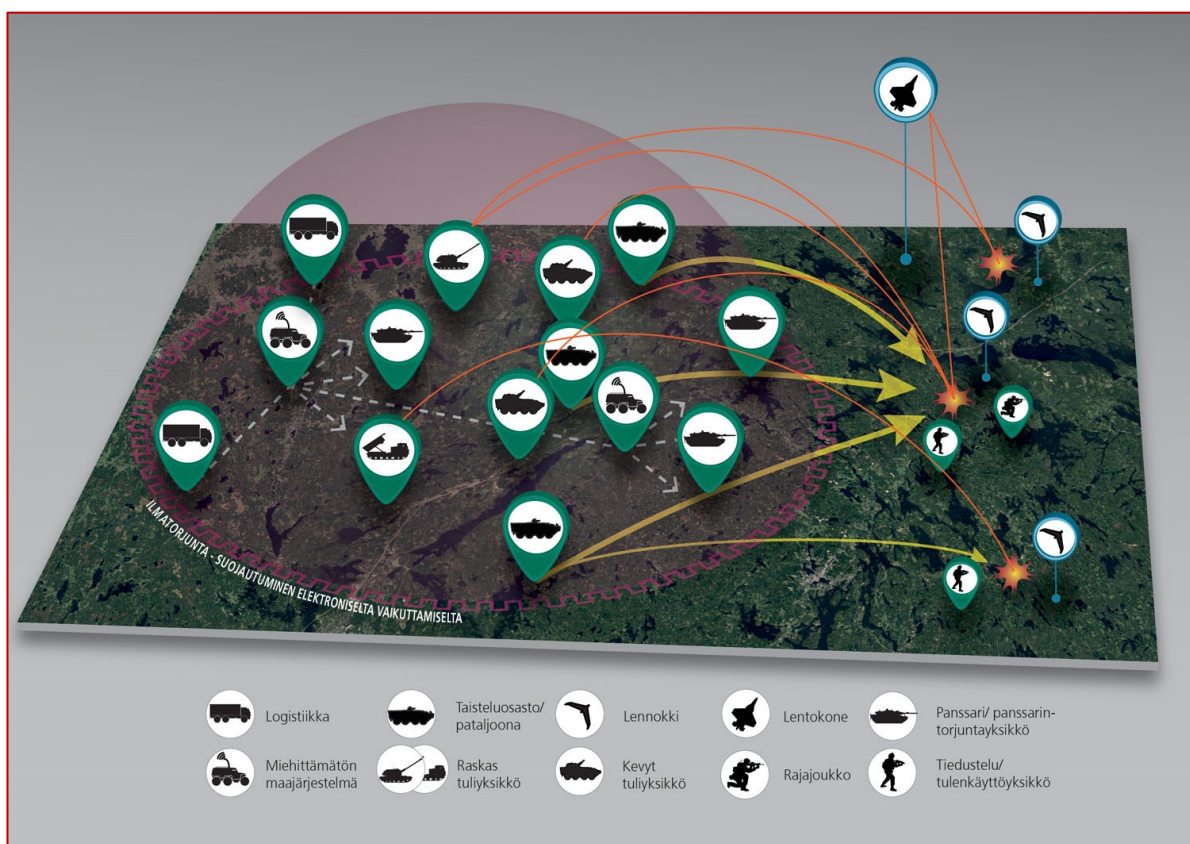
Kuten osoitettu, suorituskyykyjen kehittämisen ja rakentamisen prosesseissa on yhtäläisyyksiä muun muassa tulevaisuudentutkimuksen menetelmiin. Yksi konkreettinen menetelmä, jota Puolustusvoimissa usein käytetään osana uusien suorituskyykyjen ideointia, on monipuolinen konseptointi.

Mitä sen sijaan ei ole vielä osoitettu, on kuinka sekä erilaiset vaatimusmäärittelymenetelmät että seurannaisvaikutusanalyysit toteutetaan todellisuudessa usein iteroivina prosesseina, joista kunkin päätteeksi tehtävä dokumentaatio on paikoin hyvinkin eläväästä. Lisäksi sen enempää konseptointia kuin vaatimusmäärittelyäkään ei tehdä kuin ainoastaan poikkeustapauksissa, jos silloinkaan, tämän tutkimuksen kaltaisena yksilötyönä. Mahdollisimman monipuolisen tarkastelun takaamiseksi työtä tehdään usein ryhmissä. Esimerkiksi suorituskyykyjen rakentamisen osalta joukkojen ja järjestelmien tuottamisesta vastaa aina erikseen nimettävä hankepäällikkö, apunaan erillinen hankeryhmä sekä hankepäällikön asettamat projektiorganisaatiot [24, s. 6]. Toisaalta esimerkiksi vaatimustenhallinnan osalta Pääesikunnan suunnitteluosaston vastatessa vaatimustenhallinnan Puolustusvoimallisesta ohjauksesta, sen käytännön toteutusta ohjaavat Pääesikunnassa, puolustushaaroissa ja Puolustusvoimien logistiikkalaitoksessa vaatimustenhallintapäälliköt [84, s. 5].

## 4. TULOKSET

### 4.1. Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan paitsi tutkimuksen aikana toteutetun seurannaisvaikutusanalyysin tuloksia, myös osana tutkimusta laadittuja kuvitteellisia sotilasesineiden internetin käyttökohteita Maavoimien operatiivisessa yhtymässä. Maavoimien operatiivisella yhtymällä tarkoitetaan valtakunnallisesti käytettävää, itsenäiseen operointiin kykenevää joukkoa. Yhtymällä on käytössään Maavoimien parhaat suorituskyvyt ja se kykenee yhteistoimintaan Meri- ja Ilma-voimien sekä rajajoukkojen kanssa osana yhteisoperaatiota [42]. Operatiiviseen yhtymään sisältyviä joukkoja on havainnollistettu kuvassa 13.



Kuva 13. Maavoimien operatiivinen yhtymä 2035 [42]

Analyysia laadittaessa oletettiin, että esineiden internetin avulla pyritään ensisijaisesti vaikuttamaan yhtymän erilaisten sisäisten prosessien tehokkuuteen, ei niinkään täysin uusien suorituskykyjen luomiseen. Esineiden internetin sovellusesimerkit noudattavat väljästi Naton IST-147 -tutkimusohjelman mukaista jaottelua esineiden internetin potentiaalisista käyttökohteista. Laadituissa esimerkeissä tarkastellaan siis taktisen tasan tilannekuvajärjestelmän tehostamista, yhtymän sisäisiä logistisia järjestelyjä sekä esineiden internetin soveltamista osana yhtymän lääkintähuoltojärjestelmää.

## 4.2. Konseptit

Taktisen tasan tilannekuvajärjestelmän osalta tässä työssä tarkastellaan sellaista taistelujärjestelmään liittyvää esineiden internetin sovelluskohdetta, jossa yhtymän keskeiset asejärjestelmät, ajoneuvot ja sotilaat ovat yhden keskitetysti suuria datamassoja hallinnoivan järjestelmän osana. Järjestelmässä hyödynnetään monipuolisesti erilaisia sensoreita, jotka keräävät ja välittävät tilannetietoa eri järjestelmien taistelukunnosta, tilanteesta ja ympäristöstä. Lisäksi järjestelmä perustuu pitkälle automatisoituun toimintaan ja langattomaan tiedonsiirtoon.

Yksinkertaisimmillaan tällaista järjestelmää edustaa ainakin yhdysvaltalaisen käyttämä Blue Force Tracking -järjestelmä, jota käytetään taistelukentän toimijoiden, erityisesti ajoneuvojen paikka- ja olosuhdetietojen välittämiseen johtoportaille [95, s. 26]. Käsitteellisesti tämä voidaan mieltää osaksi esineiden internetiä, sillä järjestelmässä yhdistyy monta tavanomaiselle esineiden internetin sovellukselle tyypillisistä ominaisuuksista. Tässä luvussa esitettävät esimerkit erilaisista esineiden internetin sovelluskohteista pyrkivät kuitenkin havainnollistamaan Blue Force Tracking -järjestelmää monipuolisempia järjestelmiä.

Tällaisessa yhtymän tilannekuvajärjestelmässä operatiivisen yhtymän sotilaat voisivat kukin olla varustettu muun muassa fysiologisilla sensoreilla ja taisteluvälinein integroiduilla antureilla, jotka välittävät langattomasti tilannetietoa sotilaiden taistelukunnosta ryhmänjohtajilleen. Ryhmänjohtajien päätelaitteilta tieto välittyisi osaksi joukkueiden ja komppanioiden tilannekuvajärjestelmää. Komppanioista tieto jaetaan johtamisjärjestelmässä edelleen osaksi yhtymän tilannekuvan vaihdon ja eri tasojen johtamisen mahdollistavaa maavoimien tietojärjestelmää. Samalla periaatteella myös muut yhtymän osat, kuten ajoneuvot, epäsuorantulen asejärjestelmät ja tiedustelulennokit ovat verkostokeskeisen sodankäynnin periaatteiden mukaisesti osa yhtä isoa informaatioverkostoa. Järjestelmiin voitaisiin kuhunkin integroida muun muassa paikannusjärjestelmät, kulutusosien ja moottoreiden kunnonseurantajärjestelmät sekä polttoainetilannetta automaattisesti raportoivat järjestelmät.

Edelleen taistelukunnan raportoinnin lisäksi keskeiset asejärjestelmät, kuten panssarintorjunta- ja ilmatorjuntaohjukset, olisivat kukin varustettu sellaisilla antureilla, joiden avulla olisi mahdollista lähes reaaliajassa seurata keskeisten asejärjestelmien taistelukuntoisten ampumatarvikkeiden lukumäärää ja sijaintia. Nykyisten teknologiaratkaisujen osalta tämä olisi toteutettavissa esimerkiksi aktiivisen VHF-taajuusalueella toimivan RFID-tunnisteen, GPS-paikantimen ja paineanturin yhdistävällä järjestelmällä. Kuvattu järjestelmä voisi perustua esimerkiksi sellaiseen toimintaperiaatteeseen, jossa asejärjestelmän paikkatieto saadaan GPS-paikantimella, mahdollinen asejärjestelmän laukaisu rekisteröidään paineanturilla ja näiden tieto välitetään



osaksi yhtymän johtamisjärjestelmää aktiivisen RFID-tunnistimen avulla ryhmänjohtajan päätelaitteiden toimiessa yhdyskäytävänä. Järjestelmään voisi yhdistää myös esimerkiksi kosteusmittarin osoittamaan hermeettisesti pakattujen ohjusten käyttökelpoisuuden.

Yllä esitetty kuvitteellisen tilannejärjestelmän osajärjestelmä helpottaisi yhtymän johtamista esimerkiksi digitaaliselle karttapohjalle visualisoitujen tilannekuvien avulla, jolloin tilanneymmärrys esimerkiksi yhtymän taisteluosastojen panssarintorjuntakyvystä ja -painopisteestä perustuisi todelliseen, lähes reaaliaikaiseen tilannetietoon vuorokautisten määräaikaismoitusten sijasta.

Samaista toimintalogiikkaa noudattavia järjestelmiä voitaisiin hyödyntää myös monessa muusakin kohteessa, kuten vaikkapa sotilaiden taisteluvarustuksiin integroitavien kiihtyvyysantureiden ja sykesensoreiden perusteella yhtymän miesvahvuutta seuraavana tilannejärjestelmänä.

Edelleen esimerkiksi rakennetulla alueella osillaan taistelujaan käyvä operatiivinen yhtymä voisi tukeutua vastuualueensa infrastruktuuriin integroituihin sensorijärjestelmiin, joiden avulla normaalioloissa seurataan esimerkiksi alueella tapahtuvaa liikennekäyttäytymistä tai paikallisia sääolosuhteita. Esimerkiksi erilaisten kelikameroiden tai melu- ja äänisaastetta tavallisesti mitaavien järjestelmien avulla yhtymän tilannekeskuksen olisi mahdollista hyödyntää lukuisia erilaisia sensoreita vastuualueensa tilannekuvan muodostuksessa. Useat näistä olisivat todennäköisesti vieläpä kiinteiden yhteyksien varassa toimivia, jolloin niiden käyttö saattaisi onnistua jopa täydellisessä elektronisessa hiljaisuudessa.

Oleellista tällaisia järjestelmiä pohdittaessa on kuitenkin muistaa langattoman tiedonsiirtoväylän mahdollinen altistuminen elektronisen sodankäynnin kohteeksi. Esimerkiksi elektroninen vaikuttaminen erilaisten häirintälähettimien avulla saattaa tehdä osan käyttökohteista mahdollottomaksi. Toisaalta taas osaa järjestelmistä voidaan käyttää ensisijassa osana taisteluun valmistautumista, jolloin varsinaisten taisteluiden aikainen toiminta ei olisikaan enää niin kriittistä. Yhtäältä taas yhdenlaista tilannetietoa se on sekin, että vuorokausia aikaisemmin toiminut yhteys jossain vaiheessa katoaa.

Logististen järjestelyiden osalta Maavoimien operatiivisen yhtymän taistelun tehostamista voidaan tarkastella esimerkiksi huoltojärjestelmän toimitusketjujen näkökulmasta. Usein sotilasorganisaatioiden täydennyshuolto perustuu pitkälti erilaisten manuaalisesti hallinnoitavien huoltotilanneilmoitusten perusteella muodostettuun tilannekuvaan. Monesti saattaa myös olla, että konkreettisesti nämä tilanneilmoitukset ovat erilaisia paperilomakkeita, jonka seurauksena yhtymän keskitetty tilannekuva on usein jo muodostuessaan monilta osin vanhentunutta.

Yhtymän sisäisen logistiikan perustuminen tällaiseen menettelyyn tuo hitauden lisäksi mukanaan muitakin mahdollisia haasteita. Tällaista järjestelmää nimittäin vaivaa huomattava epätarkkuus esimerkiksi siinä mielessä, että toimitusketjujen toimivuudesta on mahdollista kerätä dataa ainoastaan erilaisissa tarkastuspisteissä (huoltorykmentit, huoltokomppaniat, käyttäjät) ja niissäkin vain silloin, kun tavaran vastaanottaja ja luovuttava erikseen tavaroidenvaihdosta ilmoittavat. Tällaisen menettelyn heikkoutena on paitsi siihen liittyvä erittäin suuri inhimillisen erheen mahdollisuus, myös ajoittain suuretkin aikaviiveet.

Esineiden internetiin perustuvien järjestelmien avulla suuri osa yhtymän joukkojen jokapäiväisestä logistiikkajärjestelmää liittyvistä ilmoituksista olisi automatisoitavissa erilaisin tavoin. Nykyisen teknologian puitteissa tämänkin järjestelmän tekninen toteutus olisi järjestettävissä esimerkiksi asejärjestelmiin ja kuormalavoihin integroitavilla antureilla ja RFID-tunnisteilla. Anturoinnilla voisi toteuttaa lähes reaaliaikaisen seurantajärjestelmän, joka olisi mahdollista liittää osaksi koko yhtymän tilannekuvajärjestelmää.

Yksi konkreettisempi käyttökohde kuvatulle järjestelmälle voisi perustua vaikkapa taistelijoiden käsiaseisiin ja lippaisiin integroitaviin antureihin, jotka välittäisivät tilanneilmoituksia ryhmänjohtajalle kulutetuista ja jäljellä olevista ampumatarvikkeista. Ryhmänjohtajien päätelaitteilta koko ryhmän koottu tieto välittyisi organisaatiossa eteenpäin lopulta aina osaksi operatiivisen yhtymän yhteistä keskitetysti hallinnoitua tilannekuvaa.

Aivan kuten tilannekuvajärjestelmän osalta, myös tällainen logistiikkajärjestelmän tehostamisjärjestelmä olisi altis elektroniselle häirinnälle. Tästä huolimatta järjestelmä voisi olla hyödyllinen ja arvokas, vaikka se ei kiivaimpien taisteluiden kynnyksellä häirinnästä johtuen toimisi-kaan. Järjestelmä nimittäin mahdollistaisi esimerkiksi aikaisempaa tehokkaamman ampumatarvikkeiden allokation jo taisteluiden valmistelujen aikana, kun inhimillisen erheen mahdollisuus käytännössä kokonaan poistetaan automatisoimalla tietyt tilanneilmoitukset. Tällöin yhtymän sekä sen alajohtoportaiden esikunnissa on käytettävissä mahdollisimman todenmukainen tilannekuva yhtymän taistelukunnosta ainakin ampumatarvikkeiden osalta, jonka perusteella ampumatarviketäydennysten painopisteen luominen olisi helpommin toteutettavissa ja valvottavissa.

Samaista järjestelmää voisi soveltaa myös esimerkiksi yhtymän polttoainetäydennysten osalta. Lisäksi toimitusketjujen tehostamisprosessi tulisi tietenkin ulottaa myös pelkän yhtymän viitekehyksestä koko puolustusjärjestelmän tasolle, mutta sitä näkökulmaa ei tässä työssä nyt tarkastella.

Esineiden internetillä olisi mahdollista tehostaa myös yhtymän kenttälääkintäjärjestelmää. Esimerkiksi yhtymän sotilaat olisi mahdollista varustaa sotilaiden elintoimintojen seuranta-järjestelmällä, jonka esikuvina toimisivat vaikkapa nykyisin kuluttajakäytössä yleistyvät käyttäjänsä fysiologiaa seuraavat älykellot ja aktiivisuusrannekkeet. Tulevaisuudessa esimerkiksi taistelijoille jaettavat rannekellot voisivat toimia myös taistelijan elintoimintojen seuranta-järjestelmänä, joka aikaisemminkin esitettyyn ratkaisuun kypäriin liitettävistä antureista muodostaisi kuvan jokaisen taisteluosaston sotilaan taistelukunnosta. Esimerkiksi sotilaiden syke-seurannalla voitaisiin seurata kunkin sotilaan fyysisen tilan kehittymistä taistelukentällä taisteluiden pitkittyessä. Seurantajärjestelmä voisi mahdollistaa ennakoivan puuttumisen joidenkin sotilaiden toimintakyvyn selvään heikkenemiseen ja taistelutilanteissa saatavat tiedot mahdollistaisivat lääkintähuollon valmiuden kohottamisen ja oikeanlaisen avun saattamisen sitä tarvitseville entistä paremmin.

Esineiden internetiä olisi mahdollista soveltaa myös eri lääkintäpisteiden kulutusmateriaalin seurannassa. Erilaisten yksittäispakattujen lääkintätarvikkeiden repäisysauman kohdalle liimattavat passiiviset RFID-tunnisteet mahdollistaisivat automaattisen materiaalinseurantajärjestelmän, kunhan tarvikkeiden säilytyspistein osaksi liitettäisiin taistelunkentän viestijärjestelmään liittyvä RFID-lukija. Tarvikkeen käyttöönnotossa hajoava RFID-tunniste poistaisi tarvikkeen automaattisesti seurantajärjestelmästä, kun RFID-lukija ei saisi tunnisteelta enää kaipaamaansa vastausta. Tällä tavoin taisteluosaston huoltotilannekuva saisi jälleen yhden datankeruupisteen lisää kaikkien muiden rinnalle.

Kaikkien edellä kuvattujen esimerkkijärjestelmien data tallentuisi määräajoin osaksi Puolustusvoimien palvelinkeskuksia. Palvelinkeskuksiin tallentuneen datan ansiosta erilaiset taisteluanalyytitkin olisivat jatkossa mahdollista perustaa tosiasialliseen tilannetietoon taistelukentän ilmiöistä, ainakin joltain osin. Tämä mahdollistaisi paitsi luotettavimpien nykymuotoisten analyysien laatimisen, myös uudenlaiset dataan perustuvat analyysimuodot, kuten erilaiset anomalian tunnistukset sekä oman sekä vihollisen toiminnan kaavamaisuuksien tunnistamisen. Järjestelmät olisivat ideaalitulanteessa myös kaikki osa yhtä isoa järjestelmien järjestelmää, eikä toisistaan eristettyjä.

### 4.3. Seurannaisvaikutukset

Edellä kuvatut esimerkit sotilasesineiden internetistä tuottaisi koko puolustusjärjestelmään eittämättä mittavia seurannaisvaikutuksia. Seuraavassa näitä vaikutuksia tarkastellaan osajärjestelmittäin aloittaen johtamisjärjestelmään kohdistuvista vaikutuksista. Johtamisjärjestelmään kohdistuvia seurannaisvaikutuksia tarkastellaan erikseen johtamisjärjestelmän johtamis- ja ohjausrakenteen sekä verkostorakenteen näkökulmista, vaikka raja näiden välillä

onkin usein hyvin häilyvä. Tässä alaluvussa esitettävien seurannaisvaikutusten liityntää DOTMLPFI-tarkistuslistaan ja suorituskyvyn käsitelmällin järjestelmänäkymään havainnollistetaan esittämällä kunkin vaikutuksen yhteydessä kirjain, jolla osoitetaan mihin DOTMLPFI-listan osa-alueeseen kukin seurannaisvaikutus arviolta kohdistuisi.

Johtamisjärjestelmän johtamis- ja ohjausrakenteelta edellytettäisiin ainakin uusia tietoturvallisuusohjeistuksia ja erilaisiin joukkoistamisratkaisuihin oleellisesti liittyvää sotilaiden omien älylaitteiden käytön (vrt. engl. bring your own device, BYOD) ohjeistusta (D). Lisäksi BYOD-ratkaisujen osalta tulisi kartoittaa tarve mahdollisille lainopilliselle esteille sotilaiden laitteista kerättävän sensitiivisen tiedon osalta (D). Sama koskee myös yhtymän vastuualueella olevan infrastruktuuriin integroitujen sensorijärjestelmien tuottaman datan hyödyntämiskelpoisuutta sotilaallisessa tarkoituksessa (D, F). Eri alueiden infrastruktuurin hyödyntämisen edellyttää myös eri viranomaisia yhdistävää yhteistyötä, jotta erilaisten esineiden internetin laitteiden yhteentoimivuus myös poikkeusoloissa olisi taattavissa (M, F, I).

Esineiden internetin integroiminen erottamattomaksi osaksi operatiivisen yhtymän toimintaa mahdollistaisi yhtymän keskitetyn johtamistoiminnan tehostamisen monin tavoin. Vaikka keskitetty johtamistoiminta saattaisikin toimia luontevana komentajakeskeisen johtamismallin jatkona, sen yhteensovittaminen osaksi yhtymän johtamisprosessia tehtäväaktiikka edelleen mahdollisimman korkealla organisaatiotasolla säilyttäen tulisi tarkkaan suunnitella (O, L). Lisäksi esineiden internetiin keskeisesti liittyvä massamaisen datan hallinta edellyttäisi paitsi yhtymän johtamisprosesseilta dataohjautuvaa johtamisotetta, myös tämänlaisen näkökulman korostamista Puolustusvoimien johtamisen opetuksessa (T, L).

Järjestelmien verkottumisen seurauksena Puolustusvoimin henkilöstön osalta lähes jokaisella organisaatiotasolla lisääntynee tarve johtamisjärjestelmäalan ja kyberalan asiantuntijoista (O, P). Samoin lisääntynee tarve näiden molempien opettamiseen niin palkatun henkilöstön, kuin myös asevelvollisten osalta (T, P). Edelleen esimerkiksi elektronisen sodankäynnin ulottuvuus korostuneen entisestään sekä koulutuksessa, että johtamisessa (T, L, P).

Erilaisten järjestelmien yhteensovittamiseksi Puolustusvoimien johtamisjärjestelmältä tulisi jollain tavalla varmistaa järjestelmien yhteensopivuus, esimerkiksi puolustushaarakat ylittävällä sekä kaikki organisaatiotasot läpäisevällä Top-Down -ohjausmallilla (O, L, I). Tällä olisi mahdollista varmistaa esineiden internetin ja puolustusjärjestelmän tekninen yhteensopivuus, niin johtamisjärjestelmään liittyvien esineiden, kuin siellä käsiteltävien tietojen osalta (M, I, i). Liian voimakkaasti ylhäältä sanellut ohjeet ovat kylläkin ristiriidassa suomalaisten vaaliman

tehtävätaktiikkaa korostavan johtamisperinteen kanssa. Toisaalta suorituskkyjen rakentaminen ja suorituskkyjen käyttö ovat eri prosesseja, jolloin menestyksekkäät toimintatavatkin voivat olla niissä erilaiset.

Esineiden internetin keskeneräisiin standardeihin liittyen yksityisen sektorin ohella myös puolustusteollisuudella näyttäisi olevan vahva intressi saavuttaa tässä asiassa pikainen yksimielisyys. Vaikka useat puolustusteollisuuden tuotteet tulevat epäilemättä olemaan johonkin määrättyyn käyttötarkoitukseen erikseen räätälöityjä, perustunee sotilasesineiden internet tulevaisuudessa erilaisiin COTS-tuotteisiin, jolloin yhteiset standardit helpottaisivat järjestelmien yhteensovittamista huomattavasti (M, I, i). Esineiden internetin tuottaman datan osalta kaikkien eri toimijoiden tulisi omaksua yhteinen ohjeistus kerättävän datan sisällöstä ja formaateista yhteensopivuuden takaamiseksi (I, i).

Johtamisjärjestelmän verkostorakenteen osalta konkreettiset vaikutukset kohdistuvat johtamisjärjestelmän materiaaliseen osatekijään, jossa muun muassa erilaisten päätelaitteiden määrä tulee kasvamaan räjähdysmäisesti (M). Sama koskee myös muita viranomaisia, mikäli puolustusjärjestelmän tehokkuutta halutaan lisättävän ympäröivän yhteiskunnan monipuolisilla esineiden internetin sovellutuksilla (M, F, I).

Johtamisjärjestelmän erilaisten päätelaitteiden lisäksi tarve myös erilaisille palvelimille kasvaa räjähdysmäisesti. Uusia palvelimia tarvitaan alati laajenevan datamassan tallentamista ja analyysia varten (M). Lisäksi erilaisten langattomien tiedonsiirtoväylien käyttöön liittyvä taajuushallinta tulee huomioda normaaliolojen harjoitustoiminnan lisäksi myös poikkeusolojen suunnitelmissa (D, T, i).

Johtamisjärjestelmän lisäksi myös Puolustusvoimien tiedustelu- ja valvontajärjestelmän näkökulmasta esineiden internetiä hyödyntävä operatiivinen yhtymä näyttäisi aiheuttavan tarpeen lainsäädännön yksityiskohtaiselle tarkastelulle (D). Keskustelua tulisi käydä esimerkiksi siitä, mille organisaatiotasolle oikeus käyttää paikalliseen infrastruktuuriin integroitua sensoreita ulottuu (D, O)? Tällöin herää tarve keskustella paitsi lain sisällöstä, myös tähän kiinteistä liittyvistä toimivaltuuksista. Yhtälailla epäselvää on, minkälaisia lainopillisia seuraamuksia erilaiset joukkoistamisratkaisut aiheuttavat, jos niillä on selvä tiedustelu- ja valvontajärjestelmää palveleva tarkoitus. Toisaalta kenen valtuuttamana normaalioloissa muuta yhteiskuntaa palvelevaa sensoriverkostoa aletaan käyttää puolustusjärjestelmän tarkoituksiperiä varten (D)?

Tiedustelu- ja valvontajärjestelmän näkökulmasta syntyy tarve myös erittäin heterogeenisesti tuotetun ja kenties keskitetysti analysoidun tiedon käsittelyyn liittyvästä osaamistarpeesta. Vaikka tiedustelutoimiala ainakin sotilaallisessa mielessä on joltain osin erilaisten heikkojen

signaalien analysointia, voi erilaisten automatisoitujen esineiden tuottaman datan ja valtavan tietokannan hyödyntäminen olla ilman erillistä koulutusta hyvin haastavaa (T, P). Sama koskee myös tällaisen tiedon hyödyntämistä osana yhtymän taistelun johtamista (T, L).

Esineiden internetin hyödyntäminen osana Puolustusvoimien tiedustelu- ja valvontajärjestelmää saattaisi edellyttää keskustelua myös siitä, kuinka erilaisiin julkisiin rakennushankkeisiin tulevaisuudessa rakennettavat tietoliikenneyhteydet erilaisine järjestelmineen olisivat tarvittaessa hyödynnettävissä puolustustarkoituksessa (D, I). Tällöin julkisrakennuksiin integroitujen esineiden primäärinen käyttötarkoitus voisi edelleen olla kunkin rakennuttajan omien intressien mukainen, mutta järjestelmään voitaisiin myös sisällyttää mahdollisuus sen hyödyntämiseen eri viranomaisten toiminnassa (I, F). Tällöin järjestelmiin voitaisiin integroida vaikkapa CBRN-aseiden käytöstä varoittava, tai perinteiseen optiseen tähystykseen kykenevä valvontakamerajärjestelmä (M, F). Ratkaistavaksi tällöin jää paitsi järjestelmien teknisen yhteentoimivuuden haasteet eri viranomaisrajoja rikkovassa yhteistyössä, myös esimerkiksi järjestelmien rahoitukseen liittyvät kysymykset (M, I, i).

Logistiikkajärjestelmän kannalta moni seurannaisvaikutus kohdistuisi tässä tarkastellun yhtymän lisäksi myös laajemmalle koko puolustusjärjestelmään. Esimerkiksi suorituskykyjen rakentamiseen ja ylläpitoon liittyviltä hankeohjausmenetelmiltä tulisi vaatia kaikkien puolustushaarojen hankkeita keskitetysti koordinoivalta elimeltä selkeää ohjausta, jolla varmistuttaisiin mahdollisimman monien uusien järjestelmien yhteensopivuudesta (D, O, P, I, i). Tämän lisäksi tulisi huomioida myös puolustusteollisuuden ja Puolustusvoimien strategisten kumppaneiden osuus, sillä moni esineiden internetin teknisistä ratkaisuista olisi todennäköisesti vaivattomasti toteuttaa kutakin järjestelmää valmistavan tahon toimesta. Strategisten kumppaneiden, kuten Millog Oy:n merkitys korostuisi myös esimerkiksi ennakoivan huollon ja kunnossapidon palveluissa, jotka saumattomasti toimiakseen edellyttäisivät yhteisymmärrystä kustakin järjestelmästä automaattisesti kerättävän tiedon merkityksestä ja sisällöstä (I, i). Puolustusvoimien osalta logistiikkajärjestelmään koskevat vaatimukset kohdistuisivat paitsi osaavan hankehenkilöstön kouluttamiseen (P, T), myös eri sidosryhmiä entistä enemmän osallistavien ja yhteistyötä tukevien prosessien vahvistamiseen (D, O, L).

Edelleen esineiden internetin mahdollistavista ennakoivan kunnossapidon järjestelmistä saattaisi syntyä logistiikkajärjestelmään kohdistuvia muutostarpeita esimerkiksi henkilöstön osalta. Ensinnäkin kuvattu järjestelmä edellyttäisi henkilöstöltä paitsi sopeutumista uudella huoltojohtamisen menetelmiin (P, T, L), myös mahdollisesti huoltohenkilöstön uudelleen organisointia taistelukentällä (P, O). Reaaliaikaisuutta lähenevä tilannekuva antaisi myös mahdollisuuden kriittisen huoltohenkilöstön johtamiseen keskitetysti, joka saattaisi nostaa usein erittäin

tärkeäksi voimavaraksi muodostuvan henkilöstön käyttöastetta merkittävästi (L, P). Toisaalta tämä edellyttäisi henkilöstöltä ehkäpä entistä monipuolisempaan osaamista, joka edelleen loisi vaatimuksia huolto- ja kunnossapidon koulutusjärjestelmälle (P, T).

Operatiivisen yhtymän viitekehyksessä logistiikkajärjestelmään kohdistuvat seurannaisvaikutukset olisivat tietysti myös materiaalisia, sillä tässäkin tutkimuksessa esitetty esimerkki tilannekuvajärjestelmästä ja siihen sulautetusta logistiikkajärjestelmästä edellyttäisi lukemattoman määrän erilaisia järjestelmiin integroituja sensoreita ja antureita (M). Laitteisiin ja järjestelmiin integroitujen seurantajärjestelmien lisäksi myös normaaliolojen varikko- ja varastojärjestelmään kohdistuisi tarve mittaville investoinneille, ainakin jos seurantajärjestelmät toteutettaisiin yksityiseltä sektorilta tuttuihin RFID-tunnisteisiin perustuen (M, F). Tästä seuraa vaatimuksia järjestelmien yhteensopivuuden takaamiseksi niin erilaisten järjestelmien välisiin rajapintoihin, kuin niiden tuottamaan dataankin (I, i). Operatiivisen yhtymän läpi valtakunnan ulottuvasta toimintaympäristöstä ja mahdollisista eri puolustushaarojen yhteisoperaatioista johtuen tarve järjestelmälliselle suorituskykyjen rakentamisprosessille korostuu, sillä järjestelmien tulee olla yhteentoimivia lukuisien toisistaan riippumattomien hankkeiden tuottamien joukkojen ja järjestelmien kanssa (I, i).

Sotilasesineiden internetin vaikutukset ulottuisivat monin tavoin myös taistelujärjestelmään, vaikka mahdollisuudet kehittää eri asejärjestelmien tuottamaa vaikuttavuutta ovat tällä menetelyllä ehkä hieman rajalliset. Vaikka asejärjestelmien kineettiseen vaikuttamiseen perustuva tuhovoima pysyisikin ennallaan, on esineiden internetillä mahdollisuus kehittää useita varsinaisia vaikuttamistapahtumaa edeltäviä prosesseja.

Esineiden internetin mahdollistamalla lähes reaaliaikaisella tilannekuvajärjestelmällä olisi mahdollista kehittää ainakin yhtymän taistelujärjestelmän käyttöperiaatetta proaktiivisempaan suuntaan (D). Tämä perustuisi esineiden internetin mahdollistaman suorituskykyisemmän logistiikka- ja kenttähuoltojärjestelmän tuottamaan yhtymän aiempaa parempaan taistelukuntoon ja keskeisten järjestelmien käyttöasteen nostoon. Tarkempi tilannekuva parantaisi edellytyksiä myös perinteisesti Ilmavoimien käyttöperiaatteisiin yhdistetyn *hajautettu ryhmitys, keskitetty torjunta* -toimintaperiaatteen hyödyntämisestä ainakin paikallisesti myös maavoimien taistelussa (D, L). Yhtäältä taistelujärjestelmän käyttöperiaatteita muokkaavia ajureita voidaan nähdä syntyvän myös erilaisten runsaslukuisten sensorijärjestelmien yleistymisen myötä, jos niillä onnistuttaisiin mahdollistamaan esimerkiksi epäsuorantulen tulenjohtamisen toimenpiteet ilman etulinjassa makaavaa tulenjohtajaa. Tällä olisi vaikutuksia paitsi yhtymän taistelutapaan (D), myös henkilöstön käyttöperiaatteisiin, johtamiseen ja kenties jopa nykyisiin organisatiorakenteisiin (O, P, L).

Yleistyäkseen odotetulla tavalla, tulee esineiden internetin sovellusten olla mahdollisimman helppokäyttöisiä niin yksityisellä sektorilla, kuin viranomaistenkin käytössä. Jos tässä tulevaisuudessa onnistutaan (M), ovat puolustusjärjestelmän taistelujärjestelmään kohdistuvat koulutukselliset tarpeet esineiden internet osalta odotettavasti vähäiset (T). Näin toisaalta tuleekin olla, sillä nykyisen puolustusjärjestelmän perustuessa pääosin reserviläisiin, on asejärjestelmien helppokäyttöisyydellä oma merkittävä arvonsa.

Taistelujärjestelmää kehittävien etähallittavien ja dataa tuottavien esineiden integroiminen osaksi asejärjestelmiä edellyttää järjestelmiltä paitsi hyvää käytettävyyttä myös esineiden teknistä yhteensopivuutta (M, I, i). Tällöin haasteeksi muodostuu jälleen lukuisten eri toimittajien asejärjestelmien teknisten ratkaisujen kirjo ja esineiden internetiin liittyvien teknologioiden standardoimattomuus (I, i). Lisäksi sisällytettiin esineiden internet sitten osaksi mitä tahansa järjestelmää paukku- ja valohälyttimistä kenttätykkeihin, järjestelmien synnyttämä lisäarvo riippuu merkittävältä osin niistä kerättävän datan käytettävyydestä. Esimerkiksi järjestelmistä saatava paikkatieto, kellonaika ja muut metatiedot tulee olla yhteismitallisia, että edellä luonnosteltu keskitetty johtamis- ja tilannekuvajärjestelmä olisi toteutettavissa (I, i).

Joukkotuotantojärjestelmän näkökulmasta esineiden internetillä olisi mahdollista kehittää erityisesti Puolustusvoimien koulutusjärjestelmää. Koulutusjärjestelmän puolesta esimerkiksi varuskuntien ajoneuvoihin integroidut kunnonseurantajärjestelmät helpottaisivat merkittävästi koulutuksen suunnittelua ja resurssitehokkuuden seurantaan (T, M). Toisaalta koulutuksen tehostaminen olisi mahdollista myös vakioitujen koulutuspaikkojen kehittämisellä esimerkiksi erilaisin sensorein toteutetuilla palautejärjestelmin. Esimerkiksi rakennetulla alueella tapahtuvan taistelukoulutuksen seuraaminen ja osaamisen kehityksen mittaaminen olisi toteutettavissa erilaisin sensorijärjestelmin, joilla voitaisiin seurata esimerkiksi koulutettavien liikenoitetta tai kuormitustasoa harjoitusalueella (T, M, P). Lisäksi etäohjattavilla järjestelmillä olisi mahdollista elävöittää harjoitusympäristöä ja muodostaa monipuolisia erilaisia harjoitusskenaarioita (T).

Esineiden internetillä olisi mahdollista edistää myös harjoitustoiminnan tavoitteiden saavuttamisen seurantaan. Esimerkiksi harjoitusjoukkojen huoltojärjestelmän tehokkuuden mittaaminen saattaisi onnistua nykyistä helpommin, mikäli esimerkiksi jonkin materiaalin täydennystoimituksen ajallista kestoa olisi mahdollista seurata automaattisesti tietojärjestelmiin kerääntyvän ilmoitustiedon perusteella aina tilauksesta toimitukseen (M, T). Tällainen järjestelmä mahdollistaisi paitsi entistä yksityiskohtaisemman palautteenannon myös paremman analyysin mahdollisten ongelmien perimmäisistä syistä (L, T).



Soveltamalla esineiden internetin toimintaperiaatteita koulutusjärjestelmään seurannaisvaikutuksia syntyisi myös esimerkiksi varuskuntien energiatehokkuudessa ja turvallisuudessa (F, M). Varuskuntien energiatehokkuudelle saavutetut kustannussäästöt voitaisiin kenties uudelleen kohdistaa esimerkiksi koulutusmateriaalin hankintaan, jolloin koulutusjärjestelmän suorituskykyä olisi mahdollista kasvattaa entisestään (T).

Henkilöstön osalta sekä palkattuun henkilökuntaan kuuluvien että varusmiesten osalta esineiden internet mahdollistaisi myös sotilaiden fyysisen toimintakyvyn kehittymisen seurannan erilaisten sensoreiden avulla. Tällaisen järjestelmän myötä tulisi kuitenkin selvittää, minkälaisin reunaehdoin esimerkiksi kouluttajat voisivat käsitellä sensorien keräämään asevelvollisten terveystietoja. Jos tieto olisi kouluttajien käytössä, mahdollistaisi se koulutuksen kuormituksen kohdistamisen ainakin jossain määrin kunkin koulutettavan yksilölliset tarpeet huomioiden (T, P, i).

Puolustusjärjestelmän toiminnanohjausjärjestelmän osalta esineiden internetin käyttöönoton seurannaisvaikutukset olisivat valtaosiltaan luultavasti välillisiä. Toiminnanohjausjärjestelmän tehtävän ollessa puolustusjärjestelmän ja sen kehittämisen tukeminen, monet muiden osajärjestelmien yhteydessä esitetyistä seurannaisvaikutuksista konkretisoituisivat todennäköisesti juuri toiminnanohjausjärjestelmään. Esimerkiksi pyrkimys erilaisten järjestelmien yhteentoimivuuteen käyttöympäristöstä riippumatta edellyttäisi toiminnanohjausjärjestelmältä esimerkiksi eri puolustushaarojen hankeohjaukselta ehkä entistä linjakkaampaa koordinointia (O, L). Lisäksi se edellyttäisi hankehenkilöstöltä riittävää osaamista ja koulutusta, jotta verkottumiseen liittyvät näkökulmat saisivat varmasti tarpeeksi huomiota (P, T). Koulutustarve voitaisiin taas sisällyttää esimerkiksi Maanpuolustuskorkeakoulun maisteriopintojen tai uusiutuneen sotatalouden ja tekniikan lisäopintojen koulutusohjelmaan (T).

#### 4.4. Yhteenveto

Puolustusjärjestelmään kohdistuvia doktriini-tason muutostarpeita tunnistettiin seurannaisvaikutusanalyysissa muutamia. Ensinnäkin esineiden internetin laajamittainen hyödyntäminen puolustustarkoituksessa edellyttäneen monipuolista lainopillisista keskustelua, ellei tulevaisuuden järjestelmistä tehdä täysin Puolustusvoimien sisäisiä. Toisaalta päivitystarpeita on nähtävissä myös Puolustusvoimien tietoturvallisuusohjeistuksiin. Esineiden internetin yleistyessä Puolustusvoimissa tulisikin laatia yksiselitteinen ohjeistus siitä, miten lukuisista erilaisista tiedoista yhdistettyä tietoa tulisi käsitellä ja luokitella. Miten lukuisista eri datankeruupisteistä kerättyä ja koottua tietoa hallinnoidaan ja kellä siihen on pääsy? Missä kohtaa kokonaisuudesta irrotettu äkkiseltään hyvin mitättömältä vaikuttava tieto muuttuu operaatioturvallisuuden kannalta merkittäväksi? Miten varmistetaan riittävät tiedonkäsittelyn oikeudet, jos tietomäärästä

laadittu koonnos paljastaisi esimerkiksi yhtymän reaaliaikaisen ryhmityksen? Onko esimerkiksi asejärjestelmien toimintakuntoa indikoiva tieto mahdollista kerätä langatonta tiedonsiirtoväylää hyödyntäen vai muodostuuko siitä liian suuri riski operaatioturvallisuudelle?

Lisäksi erilaisten joukkoistamisratkaisujen seurannaisvaikutukset tulee arvioida tarkasti muun muassa sodan oikeussääntöjen näkökulmasta. Mikäli turvallisuusviranomaiset onnistusivat rakentamaan esimerkiksi lähes kaikki yhteiskunnalliset rakennukset sisältävän esineiden internetin, muodostuuko tämän myötä kaikista julkisista rakennuksista poikkeusoloissa legitiimejä voimankäytön kohteita? Entä miten käy kansalaisten, jotka omilla älylaitteillaan osallistuvat yhteisen tilannekuvan tarkentamiseen, joko suostumuksella tai ilman?

Edelleen esineiden internetin voidaan uskoa luovan tarpeen myös muiden Puolustusvoimien sisäisten ohjeiden, määräysten ja toimintaperiaatteiden päivittämiselle. Ohjeistusta tarvittaneen ainakin siltä osin, että kaikkien puolustushaarojen ja strategisten kumppaneiden välinen järjestelmien tekninen yhteensopivuus onnistuttaisiin takaamaan myös tulevaisuudessa. Käytännössä tämä olisi toteutettavissa esimerkiksi kaikkien Puolustusvoimien kehittämis- ja suorituskyyhankkeiden keskitetyllä koordinoinnilla, jonka tarkoituksena olisi varmistua järjestelmien teknisen yhteensopivuuden takaavien järjestelmävaatimusten huomioimisesta. Toisaalta jos esineiden internetin ilmiön standardointiprosessissa saavutetaan lähitulevaisuudessa kansainvälinen yksimielisyys, helpottaisi se tältä osin merkittävästi erilaisten hankkeiden toimeenpanoa. Kokonaisuudessaan hankkeet on arvatenkin mahdollista toteuttaa kuten tähänkin asti, kunhan vain yhteensopivuuteen liittyvät järjestelmävaatimukset ovat kaikille samat.

Eri organisaatiotasoihin kohdistuvat seurannaisvaikutukset olisivat esineiden internetin yleistymisen myötä todennäköisesti hyvin samankaltaisia. Esineiden internetin tuottama lähes reaaliaikainen tilannetieto eri taistelujärjestelmien toimintakunnosta ja mahdollisista tulevista viikaantumisista mahdollistaisi keskitetyimmän huolto-organisaation muodostamisen. Toisaalta parempi tilannekuva mahdollistaisi taistelevien joukkojen hajautetumman käytön ja entistä paremman johtamisen, jota on nykyään pidetty Maavoimien uudistetussa taistelutavassa ainakin alimmilla tasoilla haastavana [47].

Myös koulutus- ja harjoitustoiminnan näkökulmasta esineiden internetin integroiminen osaksi puolustusjärjestelmää synnyttäisi useita erilaisia kehitystarpeita. Esimerkiksi mainittu keskitetty huolto-organisaatio edellyttäisi huoltohenkilöstöltä laajempaa osaamista, josta seuraa koulutusjärjestelmään kohdistuva tarve huoltokoulutuksen kehittämisestä. Lisäksi sekä asevelvollisille että henkilökunnalle tulisi kenties lisätä järjestelmäteknistä koulutusta sekä verkottuneista järjestelmistä yleensäkin, mutta myös elektronisen sodankäynnin ja kyberturvallisuuden

osalta. Puolustusjärjestelmän resilienssin takaamiseksi koulutus- ja harjoitustoiminnan suunnittelussa tulisi varmistua myös riittävästä harjoittelusta sellaisen häirinnän alaisena, jossa järjestelmien verkottumiskyky on onnistuttu kiistämään.

Esineiden internetiin keskeisesti liittyvä järjestelmien anturointi edellyttää tietysti lukemattomiin erilaisiin antureihin ja sensoreihin liittyviä investointeja. Erilaisten sensorien integroiminen osaksi erilaisia järjestelmiä jälkiasenteisesti ei todennäköisesti olisi kannattavaa, vaan esineiden internetin mahdollisuudet tulisi huomioida tulevaisuuden suorituskykyhankkeissa. Tyyppillisesti verkottumisominaisuuksien ja sensorien synnyttämät mahdollisuudet muuttavat myös järjestelmien käyttöperiaatteita niin kokonaisvaltaisesti, ettei anturoinnin toteuttaminen jälkiasenteisesti olisi senkään puolesta käytännössä mahdollista. Lisäksi esineiden internetiin liittyvät teknologiat eivät moneltakaan osin ole vielä tarpeeksi kypsällä tasolla jälkiasennusten järkevän toteuttamisen kannalta, josta osoituksena esimerkiksi jo useasti mainittu voimassa olevien standardien puute.

Esineiden internetillä olisi luultavasti vaikutuksia myös Puolustusvoimien johtamiskulttuuriin ja -koulutukseen. Ensinnäkin lukemattomien sensorien avulla kerättävät mittavien datavarojen hyödyntäminen edellyttäisi johtajilta entistä enemmän kyvykkyyttä ymmärtää ja soveltaa erilaisten tilastojen avulla esitettävää informaatiota. Toisaalta mikäli taistelulukentältä kerättävää informaatiota käytettäisiin erilaisten toimintojen automatisointiin, vaadittaisiin johtajilta luotamusta teknisten järjestelmien toimivuuteen. Kaikesta huolimatta, johtamistoimintaa olisi mahdollista muokata proaktiivisempaan suuntaan, mikäli esineiden internetistä saatava tieto onnistuttaisiin keräämään ja esittämään riittävän käyttäjäystävällisin keinoin. Tällöin monet nykyisin alaisilta saatujen ilmoitusten perusteella toimeenpantavat tehtävät olisivat kenties käynnistettävissä ennakoivasti jo pelkkään tilastollisen ennusteen pohjalta.

Tärkeää olisi toisaalta pohtia myös millä tasolla mitään informaatiota halutaan käsiteltävän. Kyky keskittää kaikki informaatio yhteen paikkaan ainoastaan sen perusteella, että se olisi teknisesti mahdollista, ei välttämättä ole kaikista tehokkain tapa organisoida asioita. Yhtäältä tämän problematiikan myötä, toisaalta myös lukuisten esineiden tuottaman massiivisen datamäärän hallitsemiseksi esineiden internetin teknisiin toteutustapoihin liittyvään akateemiseen keskusteluun on sisältynyt viimeaikoina ajatus entistä lähempänä tiedon tuottajia tapahtuvasta laskennasta (engl. edge computing) [73]. Perinteisesti esineiden internetissä dataa hallinnoidaan keskitettyjen pilvipalvelimien avulla, mutta sittemmin keskustelu tästä tietoverkkojen reunoilla tapahtuvasta laskennasta on lisääntynyt. Tätä laskentamallia puoltaa muun muassa pilvessä tapahtuvaa laskentaa paremmat tietoturvallisuusnäkökulmat, pienempi verkon kuormitus sekä tiedonkäsittelyn nopeutuminen [71, s. 637].

Mahdolliset puolustusjärjestelmän henkilöstöön liittyvät seurannaisvaikutukset liittyisivät mitä todennäköisemmin henkilöstön uudelleen kouluttautumiseen. Kuten edellä todettiin, nykyistä monipuolisemmin verkottuvat asejärjestelmät asettavat henkilöstön osaamiselle vaatimuksia yleisen tietoliikennetekniikan lisäksi myös elektronisen sodankäynnin ja kybersodankäynnin muodoista. Toisaalta hyvin toteutettuna järjestelmien anturointi olisi käyttäjille monilta osin näkymätöntä, mutta järjestelmien toimintaperiaatteiden ymmärtäminen vähintäänkin teoria-tasolla olisi siitä huolimatta toivottavaa. Edelleen sodankäynnin perustuen entistä enemmän erilaisiin teknisiin järjestelmiin, tulee se joka tapauksessa todennäköisesti lisäämään teknisesti orientoituneen henkilöstön tarvetta.

Puolustusvoimien hallinnassa olevan tai puolustusjärjestelmän käytön edellyttämän kiinteän omaisuuden osalta esineiden internetin vaikutukset olisivat myöskin todennäköisesti monipuoliset. Esimerkiksi Puolustusvoimien varuskuntaverkoston osalta esineiden internetillä olisi ar- vatenkin saavutettavissa infrastruktuurin ylläpitokustannuksissa säästöjä. Mikäli analyytikko- jen arvioimat 20 prosentin säästöt energian kulutuksessa onnistuttaisiin esineiden internetin avulla toteuttamaan myös Puolustushallinnossa, voisivat tällä saavutettavat vuotuiset kustan- nussäästöt olla pelkästään Puolustushallinnon rakennuslaitoksen energiapalveluissa yli 11 mil- joonaa euroa [56, s. 34].

Koonnos analyysiosion tuloksista on esitetty tutkielman liitteenä olevassa taulukossa 3. Taulu- kossa esitetään tämän työn aikana tunnistetut seurannaisvaikutukset, mahdolliset muutostarpeet ja muut analyysin aikana ilmenneet huomiot. Taulukossa kaikki puolustusjärjestelmän osajär- jestelmittain tunnistetut seurannaisvaikutukset taulukoitiin yhteen DOTMLPFI-taulukkaan. Osajärjestelmäjaottelusta luovuttiin, sillä analyysin aikana arvioitujen seurannaisvaikutusten todettiin olevan monilta osin niin laajoja, ettei niiden jaottelu ollut enää tarkoituksenmukaista.

## 5. POHDINTA

### 5.1. Johtopäätökset

Tutkimuksen päämääränä oli luoda mahdollisimman selkeä näkemys esineiden internetin käsitteestä sekä pohtia minkälaisia käyttökohteita esineiden internetillä saattaisi tulevaisuuden sodankäynnissä olla. Lisäksi tavoitteena oli selvittää kuinka DOTMLPFI-tarkistuslistaa käytetään Puolustusvoimissa osana suorituskykyjen kehittämistä. Edelleen tavoitteena oli selvittää sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin puolustusjärjestelmään kohdistavia muutostarpeita ja seurannaisvaikutuksia.

Esineiden internetin käsite osoittautui tutkimuksen aikana hyvin monimutkaiseksi. Tutkitussa tutkimuskirjallisuudessa ei esiintynyt esineiden internetistä yhtä vakiintunutta määritelmää. Useita eri määritelmiä yhdistivät kuitenkin eri määritelmissä usein toistuneet tekijät, joista kuvaavimmat koskivat verkottuneiden järjestelmien suurta lukumäärää, esineiden kykyä olla vuorovaikutuksessa ympäristön ja toistensa kanssa sekä järjestelmien älykkyyttä jäljittelevä luonne. Esineiden internet -konseptille ominaista näyttää olevan myös se, että lähes jokaisen sen sovellus perustuu uudenlaiseen kyvykkyyteen tuottaa ja kuluttaa informaatiota. Edelleen esineiden internet on tärkeä ymmärtää vain yhtenä digitalisaatiokehityksen ilmentymänä, jolla on selkeä liityntäpinta myös useisiin muihin teknologian kehityksen trendeihin.

Puolustusvoimissa käytetään tässä tutkimuksessa hyödynnettyä DOTMLPFI-tarkistuslistaa ensisijassa osana uusien suorituskykyjen kehittämisen ja rakentamisen prosesseja. Puolustusvoimissa suorituskykyjä suunnitellaan ja kehitetään osana nelivuotissykliä noudattavaa Puolustusvoimien strategisen suunnittelun prosessia, jossa luodaan osa myöhemmin hankkeina rakennettavien joukkojen ja järjestelmien vaikuttavuus- ja kyvykkyysvaatimuksista. Metodologisesti tulevaisuudentutkimukseen nojaavan seurannaisvaikutusanalyysin apuna käytetään DOTMLPFI-tarkistuslistaa mahdollisimman kattavan analyysin takaamiseksi. Tarkistuslistan avulla uusien suorituskykyjen seurannaisvaikutuksia ja puolustusjärjestelmään kohdistuvia muutostarpeita pyritään tunnistamaan osana suorituskykyjen kehittämisen ja rakentamisen iteratiivisia prosesseja.

Elinkeinoelämässä esineiden internetiä käytetään ensisijaisesti kolmeen eri käyttötarkoitukseen; olemassa olevien liiketoimintojen tehostamiseen, palveluiden ja tuotteiden lisäarvon kasvattamiseen tai kokonaan uusien liiketoimintamallien luomiseen. Sotilaallisesta näkökulmasta esineiden internet soveltuisi ensisijaisesti näistä kahteen ensimmäiseen. Tästä seuraa, että esineiden internetille on sotilaskäytössä nähtävissä ainakin kaksi erilaista lähestymistapaa. Toisaalta puhtaasti taloudellinen, jossa Puolustusvoimien normaaliolojen toimintaan kohdistuviin

kiinteisiin kustannuksiin liittyviä toimintoja tehostamalla pyrittäisiin saavuttamaan kustannussäästöjä. Yhtäältä esineiden internetiä voi taas yrittää soveltaa osana tulevaisuuden suorituskykyä, jolloin esineiden internetiä käytettäisiin verkostokeskeisen sodankäynnin konseptin mukaisesti.

Kustannussäästöjä tavoittelevan mallin yhtenä haasteena on kuitenkin puolustusjärjestelmän rahoitusrakenne, joka ei suoranaisesti kannusta investointeja sellaisiin ratkaisuihin, jotka mahdollisesti tulevaisuudessa synnyttäisivät kustannussäästöjä. Nimittäin vain harvoin säästöjä tehnyt virkamies voi itse uudelleen käyttää säästämänsä resurssit [46, s. 6]. Näin ainakin Yhdysvalloissa arveltiin olevan [95, s. 22], eikä väite täysin vieras kai suomalaisillekaan ole.

Sotilaallisten suorituskykyjen näkökulmasta sotilasesineiden internetin katsottiin soveltuvan erityisesti erilaisten huollon ja logistiikan toimialoihin kuuluvien prosessien tehostamiseksi. Esineiden internetin arvioidaan tehostavan erilaisia toimintoja siinä määrin, että erilaisten järjestelmien anturoinnin ja verkottumisen voi olettaa melko varmasti jatkuvan myös tulevaisuudessa. Erilaisia käyttötapoja kuvaamaan tutkimuksessa laadittiin kolme erilaista esineiden internetin käyttötapusta. Esitetyissä käyttökonsepteissa esineiden internetin potentiaalia kuvataan osana Maavoimien yhtymän taistelua. Esimerkeillä havainnollistetaan esineiden internetiin pohjautuvan tilannekuvajärjestelmän, logistiikkajärjestelmän ja kenttälääkintähuoltojärjestelmän toimintaa.

Edeltä käsin esineiden internetin aikaansaamista vaikutuksista on tietysti vaikea sanoa, mutta tutkimuksen aikana kävi selväksi sotilaskäyttöön sovelletun esineiden internetin synnyttävän todennäköisesti monipuolisia vaikutuksia puolustusjärjestelmässä. Kovin yksityiskohtaisten seurannaisvaikutusten tunnistaminen on kuitenkin ilman konkreettista ja tarkoin rajattua esineiden internetiä hyödyntävän sotilaallisen suorituskyvyn käyttökonseptia hankalaa, jonka vuoksi useat tässä tutkimuksessa tunnistetut seurannaisvaikutukset ovat luonteeltaan hyvin yleisiä.

Tästä huolimatta seurannaisvaikutusanalyysin aikana kävi ilmi, että esineiden internetiä tutkivan tiedeyhteisön toistamat haasteet keskeneräisten standardien ja järjestelmien yhteentoimivuuden takaamisesta olisivat todennäköisesti läsnä myös esineiden internetin sotilaallisia sovellutuksia rakentavissa hankkeissa. Lisäksi sotilaallisessa toiminnassa erityishuomiota tulisi kohdistaa paitsi laitteiden poikkeuksellisen toimintaympäristön asettamisiin vaatimuksiin myös sotilaalliseen toimintaan oleellisesti liittyvän arkaluontoisen tiedon käsittelyyn sekä vastustajan mahdollisten vaikutusyritysten minimointiin.

Sotilaallisessa käytössä esineiden internetin uskotaan olevan arkipäivää vasta usean vuosikymmenen kuluttua [72; 37]. Mikäli tämä arvio osoittautuu todeksi, tulee esineiden internet

silti huomioida jo lähitulevaisuuden suorituskyky- ja kehittämishankkeissa. Tarvetta verrattain nopeaan reagointiin korostaa uusien joukkojen ja järjestelmien usein pitkälle tulevaisuuteen ulottuva elinkaari, mikä johtaa siihen, että osa tulevaisuutta koskevista päätöksistä tehdään jo hyvinkin pian. Toki kaikkien joukkojen ja järjestelmien elinkaari ei aina välttämättä ole useita vuosikymmeniä, mutta suurimmissa hankkeissa näin usein on [86, s. 25].

Tärkeää on myös ymmärtää, ettei esineiden internet ole sen enempää sotilaskäytössä kuin yksityisellä sektorilla mikään erillinen järjestelmänsä, vaan keskeinen osa useita erilaisia järjestelmiä. Siispä Puolustusvoimissakin esineiden internetin mahdollisuudet tulee huomioida läpi puolustusjärjestelmän kaikkien osajärjestelmien. Lisäarvoa tuottava esineiden internet ei myöskään ole mikään yksinkertainen jälkiasennustoimenpide, vaan tavallisesti hyvin monimutkainen useita ulottuvuuksia sisältävä järjestelmien järjestelmä, jonka toivotut ominaisuudet konkretisoituvat vasta perusteellisen ja ammattimaisen vaatimustenhallinnan seurauksena.

Käytännön toteutuksen osalta ei myöskään ole nähtävissä, että esineiden internetin olisi jotakin sellaista, mitä Puolustusvoimat voisi itsenäisesti omin resurssein rakentaa. Mikäli tahto erilaisten järjestelmien verkottumiskyvylle on olemassa, onnistuu sen rakentaminen todennäköisesti parhaiten järjestelmätoimittajille perusteellisen vaatimusmäärittelyn seurauksena ilmaistavina vaatimuksina. Suorituskykyjen vaatimusmäärittelyä hankaloittaa kuitenkin esineiden internetin standardien puute, joiden tilanteeseen ei ainakaan välittömässä lähitulevaisuudessa ole nähtävissä parannusta [19]. Tämä korostaa entisestään mahdollisen koordinoituvuuden merkittävyyttä.

Näiden valossa sotilaskäyttöön sovellettavan esineiden internetin yleistymistä ei voida lähitulevaisuudessa pitää vielä kovinkaan todennäköisenä, vaikka siihen liittyvä mediahuomio onkin ajoittain melko voimakasta. Toisaalta tämä vain korostaa teknologiatutkimusyhtiö Gartnerin tekemiä arvioita, joiden mukaan esineiden internet on vasta saavuttanut konseptiin kohdistuneiden ennakko-odotusten huippunsa (engl. peak of inflated expectations) realististen toteutusten odottaessa vielä itseään. Laajamittaisen yleistymisen edellytyksenä voidaan tällä hetkellä pitää ainakin mainittua erilaisten järjestelmien yhteentoimivuuteen liittyvien haasteiden ratkaisemista.

Tutkimuksessa havaittiin esineiden internetin ja monen muun voimakkaasti kehittyvän teknologian välillä vallitsevan vahva keskinäinen vuorovaikutus. Esimerkiksi esineiden internetistä ja tekoälystä keskustellaan usein itsenäisinä ilmiöinä vaikka ne ovat tosiasiaassa hyvin vahvasti toisiinsa kietoutuneita. Yksi tapa havainnollistaa tätä vuorovaikutussuhdetta on tarkastella esineiden internetiä erillisenä aistijärjestelmänä, jonka tuottama data toimii tekoälyn toteuttaman analyysiprosessin pohjana.

## 5.2. Tutkimuksen luotettavuudesta ja tulosten käytettävyydestä

Tulevaisuudentutkimuksen tieteellisyyttä voi arvioida esimerkiksi upseerikoulutuksenkin tieteellisyyden arvioinnissa käytettyjen Peircen kriteerien näkökulmasta. Peircen mukaan mikä tahansa toiminta on tieteellistä, jos se mukailee viittä eri kriteeriä: kriittisyys, objektiivisuus, itsensä korjaavuus, julkisuus ja toistettavuus [54].

Tulevaisuudentutkimuksen osalta erityisesti väitteiden itsensä korjaavuuteen yhdistettävä toteutuksien falsifioitavuus ei useinkaan toteudu kuin ennustettavan ajanjakson kuluttua. Tieteellisten väittämien tulisi siis periaatteessa olla kumottavissa, mutta ilman tulevaisuudentutkimuksista käytännössä aina puuttuvaa empiiristä tutkimusta se on usein mahdotonta. Tieteellisyyttä suppeasti näiden kriteerien valossa katsottuna tulevaisuudentutkimuksen asema tieteenä voi ollakin haastettavissa, mutta sen merkitys esimerkiksi strategiatyöskentelyssä on silti kiistaton [43; 62, s. 165]. Tästä syystä tulevaisuudentutkimuksen tutkimustuloksia hyödynnetäänkin usein juuri päätöksenteon apuvälineenä, ei absoluuttisina faktoina.

Tulevaisuudentutkimuksen tutkimustulosten käytettävyys riippuu usein myös päätöksentekijöiden tulevaisuuteen liittyvistä käsityksistä. Tulevaisuutta ei tulisi nähdä ainoastaan yhtenä deterministisenä tulevaisuutena, vaan joukkona useita mahdollisia tulevaisuuksia, joiden muodostamaa vaihtoehtojen kirjoa pyritään tulevaisuudentutkimuksessa kartoittamaan erilaisin metodein [43, s. 19]. Jos tulevaisuudentutkimuksen tutkimustuloksiin sen sijaan suhtautuu esimerkiksi luonnontieteellisten tutkimustulosten tavoin lähes horjumattomina faktoina, on pettymyksen mahdollisuus tulevaisuudessa ilmeinen.

Tulevaisuudentutkimuksen harjoittamisen perimmäinen intressi on välineellinen, jolla pyritään vaikuttamaan nykyhetkessä tehtäviin päätöksiin. Taustalla tässä on ajatus, jonka mukaan tulevaisuus ei synny ulkopuolisten voimien toimesta, vaan yksittäisten ihmisten ja heidän muodostamiensa yhteisöjen tekojen avulla [43, s. 22]. Tulevaisuudentutkimus on myös Puolustusvoimissa merkittävässä asemassa, josta osoituksena toiminevat useasti mainitut Puolustusvoimien ensimmäisen pääprosessin tuotteet sekä tässäkin tutkimuksessa hyödynnetty DOTMLPFI-tarkistuslista. Puolustusvoimissa on siis omat pitkät perinteet tulevaisuudentutkimuksen hyödyntämisestä, eikä upseeristoa tunnu häiritsevän tulevaisuudentutkimuksen tieteellisyyttä horjuttavat näkemykset. Miten tämän valossa tähän nimenomaiseen työhön tulee suhtautua?

Ensinnäkin mikäli tulevaisuutta tarkastellaan deterministisen maailmankuvan sijasta jonakin sellaisena, johon voidaan itse toimillaan vaikuttaa, on tällöin päätöksentekijän etujen mukaista pyrkiä kartoittamaan erilaisia mahdollisia tulevaisuuksia. Olkoonkin että tulevaisuuden



tutkimiseen liittyy parhaimmillaankin aina paljon epävarmuuksia. Tällaiselle tulevaisuuden tutkimukselle on ainakin tästä näkökulmasta siis jatkossakin tilausta. Tulevaisuuden tutkimisesta mahdollisesti puuttuvan tieteellisyyden ei tarvitse antaa häiritä, kunhan tutkimustuloksiin liittyvän epävarmuuden osaa suhteuttaa tutkimustuloksiin oikein.

Tulevaisuudentutkimusta koskevien tulkinnanvaraisuuksien lisäksi myös laadullista tutkimusta vaivaa yksiselitteisten luotettavuusmittareiden puute [81, s. 140]. Edes luotettavuudesta käytettävien käsitteiden osalta kaikki tutkijat eivät ole päässeet yhteisymmärrykseen, sillä esimerkiksi määrälliseen tutkimukseen yhdistettävien validiteetin ja reliabiliteetin käsitteiden on katsottu olevan mahdollisesti harhaanjohtavia ja niiden käytöstä laadullisen tutkimuksen yhteydessä on pyritty luopumaan [81, s. 136]. Tästä syystä tässäkin työssä luotettavuuden arviointia on toteutettu hyvin vapaamuotoisesti silti kattavuuteen pyrkien.

Ensinnäkin mitä tulee tämän raportin kirjallisuustutkimukseen perustuvaan osioon, niin siinä esitettävän esineiden internetin käsitteen muodostamista ohjasi pyrkimys mahdollisimman abstraktilla tasolla esitettävään määritelmään. Tavoitteena oli tarkastella ilmiötä myös mahdollisimman teknologiariippumattomasti kuitenkin siten, että lukijalle jäisi jonkinlainen yleiskäsitys esineiden internetin teknologisesta taustasta. Tästä asiasta olisi kenties ollut tehtävissä kattavampi tarkastelemalla siinä nykyistä laajempaa lähdeaineistoa, mutta toisaalta tälläkin kertaa analysoidussa aineistossa oli havaittavissa paikoittaista saturaatiota.

Seurannaisvaikutuksia tarkastelevan analyysin osalta tutkimuksen luotettavuutta heikentää erityisesti tällaiselle suorituskkyjen kehittämiseksi vieras täysin itsenäisen työskentelymetodi. Tavallisesti erilaisten konseptivaihtoehtojen ja niiden seurannaisvaikutusten laadintaan varten osoitetaan useita henkilöitä, jotka voidaan organisoida esimerkiksi erilaisiksi työryhmiksi [34, s. 89]. Tällöin tulokseksi saadaan epäilemättä monipuolisempia ja useita eri näkökulmia yhdistäviä lopputuloksia. Lisäksi jo Puolustusvoimien normiohjeistuksenkin mukaan konseptointia tuetaan Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen testaus- ja evaluointitoiminnalla [77, s. 6], jonka seurauksena tuotteet ovat todennäköisesti tässä raportissa esitetyjä laadukkaampia. Nyt yksilötyönä tehdyn tutkimuksen tulokset ovat ongelmallisia niiden perustuessa ainoastaan tutkijan tieteelliseen mielikuvitukseen ulkopuolisen laadunarvioinnin puuttuessa työstä kokonaan.

Edelleen tulosten luotettavuutta heikentää tutkimuksen tekeminen tavanomaisesta suorituskkyyn kehittämisen prosesseista poikkeavasti tyhjiössä, vailla lukuisia suorituskkyjen konseptivaiheen muita tärkeitä tuotoksia, kuten suorituskkyvaatimuksia tai muita konsepteja. Vaikka yhtenä tutkimusmenetelmänä käytetty DOTMLPFI-tarkastelu metodina osoittautuikin toimivaksi, niin paremmin onnistuakseen asetelma edellyttäisi analysoitavan aiheen tarkempaa taustoitusta.

Tämän osalta tutkimusta olisi voinut parantaa sisällyttämällä suorituskkyjen kehittämiseen liittyvät taustadokumentit osaksi tutkimusta sekä toteuttamalla seurannaisvaikutusanalyysi jonkinlaisen ryhmätyöskentelyn tai kyselytutkimuksen keinoin. Mukaillessaan Puolustusvoimien suorituskkyjen kehittämisestä laadittuja ohjeistuksia, se olisi todennäköisesti lisännyt analyysiosion tulosten luotettavuutta.

Tutkimustulosten käytettävyyttä sellaisenaan heikentää erityisesti myös tarkastelun ulkopuolelle tällä kertaa rajattujen näkökulmien puuttuminen. Erityisesti lähes erottamattomasti esineiden internetiin yhdistetty huoli erilaisten laitteiden tietoturvallisuudesta on sotilaallisestakin näkökulmasta keskeinen. Lisäksi tulee muistaa, että tässä tutkimuksessa toteutettu laadullinen sisällönanalyysi tarjoaa tietoa vain tutkimuskohteeksi valikoidusta datajoukosta. Tässä piilee induktiivisen päättelymuodon keskeisin heikkous, sillä yleistysten tekeminen rajatusta aineistosta altistaa päätelmät aina huomattavalle epävarmuudelle.

Esineiden internetin tulevaisuuteen liittyen syytä on myös todeta, että tämän tutkimuksen analyysi tehtiin huomioimatta juurikaan arviota yleisestä teknologian kehityksestä. Toisin sanoen tutkimuksen tuloksia voidaan pitää melko konservatiivisinä, sillä ne perustuvat olettamukseen, jonka mukaan osaksi puolustusjärjestelmää integroitava esineiden internet perustuisi jotakuinkin nykyteknologialle. Tutkimuksessa ei siis esimerkiksi sen enempää akkuteknologian kuin vaikkapa nanoelektromekaanisten laitteiden (engl. nanoelectromechanical systems, NEMS) kehitysnäkymiä huomioitu, johtuen lähinnä yksityiskohtaisten ennusteiden oletetusta epätarkkuudesta sekä tämän tutkimuksen rajauksesta.

Tutkimustulokset ovat niiden yleisluontoisuudesta huolimatta siinä mielessä merkittäviä, että ne korostavat eri toimijoiden välisen yhteistyön alati kasvavaa merkitystä. Vaikka esineiden internet saattaa näyttäytyä vain yksittäisenä teknisenä tapana kehittää puolustusjärjestelmää, ulottuvat sen arvioidut seurannaisvaikutukset kaikkialle läpi puolustusjärjestelmän. Yhteistyön merkitys yltää sotilaallisten toimijoiden lisäksi myös laajalle muualle yhteiskuntaan useiden eri toimijoiden ja esineiden internetin poikkitieteellisen olemuksen takia.

Tulosten merkityksellisyyttä korostaa myös niiden oletettu hyödynnettävyys. Tämän tutkimuksen tuloksia voitaneen soveltaa osana suorituskkyjen kehittämistä, olkoonkin että esitetyt tulokset ovat vailla konkretiaa. Kuten jo useasti todettiin, tulevaisuudentutkimukselle on perinteistä tutkimustulosten olevan usein epäkelpoja verifiointille ja falsifioinnille. Tällöin ennusteiden joukkoon mahtuu vääjäämättä myös sellaisia havaintoja, jotka tuskin koskaan toteutuvat. Tämä ei kuitenkaan tee ennakkoluulottomasta tulevaisuudentutkimuksesta tarpeetonta, sillä esimerkiksi tässä tutkielmassa esitetyt tulokset täyttävät tehtävänsä jo siinä vaiheessa, jos

esineiden internetin soveltamista sotilaskäytössä tämän tutkimuksen herättäneen ajatuksen johdosta ylipäättään joskus pohditaan. Olivatpa varsinaiset joukkojen ja järjestelmien osaksi integroitavat ratkaisut toteutuessaan sitten minkälaisia hyvänsä.

Aiempiin tutkimuksiin tässä esitetyillä tuloksilla on selkeä liityntäpinta. Tämä tutkimus asettuu esineiden internetiä ja sen olemusta kartoittavien yleisluontoisten tutkimusten jatkoksi toivottavasti ainakin Puolustusvoimien näkökulmasta lisäarvoa tuottavalla tavalla. Sotilaallisten suorituskkyjen ja teknologian kehityksen näkökulmista tutkimus sivuaa muun muassa esimerkiksi vuonna 2013 julkaistun Tapio Saarelaisen väitöskirjan aihealuetta. Väitöskirjassaan Saarelainen kartoittaa keinoja tulevaisuuden sotilaan tilanneymmärryksen parantamiseksi teknologian avulla [68].

Tutkimustuloksissa ei arvatenkaan esiintynyt mitään täysin odottamatonta. Osaltaan tulokset jäivät myös melko suppeiksi. Tätä selittää ainakin tutkimuksen tutkimusasetelma, joka antoi odottaa tutkimustulosten muodostuvan luonteeltaan hyvin yleisiksi. Yksityiskohtaisemmat tulokset olisivat vaatineet yksityiskohtaisemman ja tarkemmin rajatun tutkimusasetelman. Tarkempi raja-  
aus olisi kuitenkin ollut vaikeaa, sillä pelkästään koko esineiden internetin käsite näyttäytyi jo alustavan aineistonkeruun yhteydessä vielä niin epäselvältä.

Loppuun on syytä vielä korostaa suorituskkyjen kehittämisen ja rakentamisen prosesseihin erottamattomasti liittyvää erilaisten tarkastelujen ja määrittelyjen toistuvuutta. Eri vaiheissa laadittavat tuotokset ovat usein eläviä dokumentteja, joihin palataan ja joita täydennetään prosessien edetessä. Tämän tutkimuksen tutkimustuloksiin ei siinä mielessä tule siis suhtautua varsinaisesti mitään ongelmaa sellaisenaan ratkaisevina, vaan pikemmin yhtenä monipolvisen prosessin välivaiheena.

### 5.3. Mahdolliset jatkotutkimusaiheet

Tähän loppuun esitetään muutama jatkotutkimusehdotus. Ensinnäkin tarve sotilaskäyttöön rakennettavan esineiden internetin turvallisuusnäkökulmien tutkimisesta on ilmeinen. Tärkeitä turvallisuusnäkökulmat ovat liike-elämässäkin, mutta kansallisen turvallisuuden näkökulmasta tarve korostuu entisestään. Jatkossa tulisi siis tutkia esineiden internetin turvallisuusnäkökulmia myös sotilaallisesta näkökulmasta, vaikka yleisluontoista tutkimusta aiheesta näyttääkin olevan saatavilla jo melko runsaasti.

Lisäksi nyt kun tämän tutkimuksen myötä esineiden internetin sotilaallisesta ulottuvuudesta on tehty hyvin yleisluontoinen tarkastelu, voisi jatkotutkimuksina toteuttaa tätä huomattavasti laajemman ja yksityiskohtaisemman seurannaisvaikutusanalyysin. Kuitenkin sillä erolla, että yksilötyönä toteutetun analyysin sijasta tutkimukseen osallistutettaisiin esimerkiksi joukko eri

puolustusjärjestelmien ja sidosryhmien asiantuntijoita. Yhtenä tutkimusasetelmana voisi olla tässä tutkimuksessa esitettyjä esimerkkejä perusteellisemmin luodun käyttökonseptin aiheuttamat seurannaisvaikutukset jossakin määrätyssä skenaariossa.

Toinen selvittävä aihe voisi koskea Puolustusvoimien suorituskkyjen kehittämisen ja rakentamisen prosessien kykyä huomioida erittäin nopeasti kehittyvät teknologiat osana sotilaallisia suorituskkyjä. Kuten osoitettu, Puolustusvoimien strategisen suunnittelun prosessissa suorituskkyjä yritetään hahmotella yli vuosikymmenen päähän tulevaisuuteen ja kehittämissuunnitelmienkin tapauksessa kahdeksan vuoden aikajänteellä, mikä lienee monessa tapauksessa erittäin hyvin perusteltua. Miten järjestelmä kuitenkin mukautuu sellaiseen tilanteeseen, jossa teknologia kehittyä tätä sykliä merkittävästi nopeammin?

Konkreettisesti esineiden internetiin liittyen hyvä olisi selvittää miten nykyinen hankeohjausjärjestelmä onnistuisi toteuttamaan koko puolustusjärjestelmän kattavan järjestelmien järjestelmän, joka perustuu ainakin toistaiseksi standardoimattomiin teknologioihin. Tulisiko hankeohjausjärjestelmää kehittää, vai onnistuisiko visio kaikkialle ulottuvasta esineiden internetistä nykyisen järjestelmän ohjauksessa?

Esineiden internetin kustannussäästöjä tuottavasta näkökulmasta olisi hyvä kartoittaa sellaisia kohteita, joissa esineiden internetin avulla saattaisi olla saavutettavissa säästöjä. Kyseeseen tulisi siis tällöin lähinnä erilaisten rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ja toisaalta ehkä helposti automatisoitavissa olevien työtehtävien korvaaminen.

## LÄHTEET

- [1] Alberts, D. S., Garstka, J. J. & Frederick, P. S. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. 2<sup>nd</sup> ed. Washington DC: Assistant Secretary of Defense (C3I/Command Control Research Program), 2000. 284 pp. ISBN 1-57906-019-6.
- [2] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. *Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications*. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2015. Vol 17, no. 4, pp. 2347–2376.
- [3] Anteroinen, J. *Enhancing the Development of Military Capabilities by a Systems Approach*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2013. 195 s. ISBN 978-951-25-2483-9.
- [4] Apple Inc. *iPhone X – Technical Specifications*. 2018. [Viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: <https://www.apple.com/iphone-x/specs/>
- [5] Atzori, L., Iera, A. & Morabito, C. *The internet of things: A survey*. Computer networks. 2010. Vol 54, no 15, pp. 2787–2805.
- [6] Caetano, T., et al. *An Open Letter to the United Nations Convention on Certain Conventional Weapons*. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <https://www.cse.unsw.edu.au/~tw/ciair/open.pdf>
- [7] Cao, L., Zheng, G. & Shen, Y. *Research on design of military ammunition container monitoring system based on IoT*. In: Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chengdu), Chengdu, 19–21. Oct. 2016. China. pp. 1–4.
- [8] Carles, G., Oller, J. & Paradells, J. *Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology*. Sensors. 2012. Vol. 12, no. 9, pp. 11734–11753.
- [9] Chen, M., Mao, S. & Liu, Y. *Big data: A survey*. Mobile Networks and Applications. 2014. Vol. 19, no. 2, pp. 171–209.
- [10] Coats, D. R. *Worldwide Threat Assessment of the US Intelligence Community*. 2017. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <https://www.dni.gov/files/documents/Newsroom/Testimonies/SSCI%20Unclassified%20SFR%20-%20Final.pdf>
- [11] DOTMLPFIi tarkistuslista - osatekijöiden kuvaukset, Teoksessa: Suorituskyvyn käsitelmä, PVOHJEK-PE – PESUUNNOS HJ108. Helsinki: Pääesikunnan suunnitteluosasto, 21.11.2013. Liite 2.

- [12] Ehret, M. & Wirtz, M. *Unlocking Value from Machines: Business Models and the Industrial Internet of Things*. Journal of Marketing Management. 2017. Vol. 33, no. 1-2, pp. 111–130.
- [13] Esimerkki vaatimuksista suorituskypsyprosessissa, Teoksessa: Kosola, J. *Vaatimustenhallinnan opas*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2013. s. 122–155. ISBN 978-951-25-2454-2.
- [14] Eskola, J. & Suoranta, J. *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. 8. painos. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Vastapaino, 2008. 266 s. ISBN 951-768-035-X.
- [15] European Union Agency for Network and Information Security. *Major DDOS Attacks Involving IoT Devices*. 2016. [Viitattu 27.6.2017]. Saatavissa: <https://www.enisa.europa.eu/publications/info-notes/major-ddos-attacks-involving-iot-devices>
- [16] Evans, P. & Annunziata, M. *Industrial internet: Pushing the boundaries of Mind and Machines*. General Electric Reports. 2012. [Viitattu 24.5.2017]. Saatavissa: [https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial\\_Internet.pdf](https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf)
- [17] Evans, R. & Gao, J. *DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%*. DeepMind. 2016. [Viitattu 26.6.2017]. Saatavissa: <https://deepmind.com/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40/>
- [18] Fleisch, E. *What is the Internet of things? An economic perspective*. Auto-ID Labs White Paper, 2010. [Viitattu 1.2.2018]. Saatavissa: <https://www.alexandria.unisg.ch/68983/1/AutoID%20-%20What%20is%20the%20Internet%20of%20Things%20-%20An%20Economic%20Perspective%20-%20E.%20Fleisch.pdf>
- [19] Fortino, G., Ganzha, M., Palau, C. & Paprzycki, M.. *Interoperability in the Internet of Things*. Computing Now. 2016. [Viitattu 27.6.2017]. Saatavissa: <https://www.computer.org/web/computingnow/archive/interoperability-in-the-internet-of-things-december-2016-introduction>
- [20] Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T. M., Suárez-Albela, M., Castedo, L., & González-López, M. *A review on internet of things for defense and public safety*. Sensors, 2016. Vol. 16, no. 10, 44 pp.
- [21] Friess, P. & Ibanez, F. *Putting the Internet of Things Forward to the Next Nevel*. In: Vermesan, O. & Friess, P. (ed.) *Internet of things – From Research and Innovation to Market Deployment*. Aalborg: River Publishers, 2014. pp. 3–6. ISBN 978-87-93102-95-8.

- [22] Gilmore, L. *The internet of insecure things*. [Viitattu 15.3.2018]. Saatavissa: <https://thenextweb.com/worldofbanking/2017/06/16/internet-insecure-things/>
- [23] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. Future Generation Computer Systems. 2013. Vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660.
- [24] Hankeohje, PVOHJEK-PE – Hankeohje 001 – PELOGOS, HN918. Helsinki: Pääesikunnan logistiikkaosasto, 22.12.2017.
- [25] Jankowski, S., Covello, J., Bellini, H., Ritchie, J. & Costa, D. *The Internet of Things: Making sense of the next mega-trend*. Goldman Sachs Global Investment Research. 2014. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/outlook/internet-of-things/iot-report.pdf>
- [26] Jormakka, J. *Should we call it research?* Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2006. 147 s. ISBN 951-25-1680-2.
- [27] Jormakka, J. *Tekniikan tutkimuksesta*. Kirjassa: Lappalainen, E. & Jormakka, J. (toim.). Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. s. 16–23. ISBN 951-25-1540-7.
- [28] Joukon ja järjestelmän elinjakson hallinta, PVOHJEK-PE Elinjaksonhallinta 001 – PELOGOS, HN917. Helsinki: Pääesikunnan logistiikkaosasto, 22.12.2017.
- [29] Juhanko, J., et al. *Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi*. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. 2015. [Viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf>
- [30] Kamppinen, M., Kuusi, O. & Söderlund, S. *Tulevaisuudentutkimus: perusteet ja sovelluksia*. Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden seura, 2002. 928 s. ISBN 951-746-389-8.
- [31] Kari, M., Hakala, A., Pääkkönen, E. & Pitkänen, M. *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025: STAE 2025. Osa 1, Teknologian kehitys*. Ylöjärvi: Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, 2008. 564 s. ISBN 978-951-25-1883-3.
- [32] Kehittämissuunnitelma, Teoksessa: Suorituskyvyn rakentaminen ja ylläpito, PVOHJEK-PE – PVLOG 002, HK666. Helsinki: Pääesikunnan logistiikkaosasto, 3.12.2014. Liite 3.
- [33] Kone Corporation. *Machine conversations*. 2017. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <http://machineconversations.kone.com/escalators/>

- [34] Kosola, J. *Suorituskyvyn elinjakson hallinta*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2007. 497 s. ISBN 978-951-25-1816-6.
- [35] Kosola, J. *Teknologisen kehityksen vaikutuksia sodankäyntiin 2015–2025*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2011. 70 s. ISBN 978-951-25-2165-4.
- [36] Kosola, J. *Vaatimustenhallinnan opas*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2013. 155 s. ISBN 978-951-25-2454-2.
- [37] Kott, A., Swami, A. & West, B. J. *The Internet of Battle Things*. Computer, 2016, Vol. 49, no. 12, pp. 70–75.
- [38] Käsitteiden määritelmät, Teoksessa: Kosola, J. *Suorituskyvyn elinjakson hallinta*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos, 2007. s. 395–415. ISBN 978-951-25-1816-6.
- [39] Lappalainen, E. & Jormakka, J. *Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. 203 s. ISBN 951-25-1540-7.
- [40] Lockheed Martin Corporation. *IoT is Transforming Modern Warfare*. [Viitattu 26.6.2017]. Saatavissa: <http://www.lockheedmartin.com/us/innovations/011817-internet-of-things-transofrming-modern-warfare.html>
- [41] Maavoimat. *Maapuolustuksen johtamisjärjestelmät kehityksen aallonharjalla*. 2017. [Viitattu 8.3.2018]. Saatavissa: [http://maavoimat.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/maapuolustuksen-johtamisjarjestelmat-kehityksen-aallonharjalla](http://maavoimat.fi/artikkeli/-/asset_publisher/maapuolustuksen-johtamisjarjestelmat-kehityksen-aallonharjalla)
- [42] Maavoimat. *Operatiivinen yhtymä 2035*. [Viitattu 18.3.2018]. Saatavissa: <http://maavoimat.fi/operatiivinen-yhtyma-2035>
- [43] Mannermaa, M. *Tulevaisuuden hallinta – skenaariot strategiatyöskentelyssä*. Porvoo: WSOY, 1999. 227 s. ISBN 951-0-23147-9.
- [44] Manyika, J., Chui, M., Bisson, P., Woetzel, J., Dobbs, R., Bughin, J. & Aharon, D. *The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype*. McKinsey Global Institute. 2015. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx)



- [45] Mapleston, M. *The Internet of Things for Munitions Health Management*. NATO Science and Technology Organization. 2017. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/STO-MP-AVT-268/MP-AVT-268-06.pdf>
- [46] Mariani, J., Williams, B. & Loubert, B. *Continuing the march: The past, present, and future of the IoT in the military*. Deloitte University Press. 2015. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/iot-in-military-defense-industry/DUP-1160\\_IoT\\_Military\\_080615.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/iot-in-military-defense-industry/DUP-1160_IoT_Military_080615.pdf)
- [47] Mattila, L. *Maavoimien taistelu 2015 – Uudistetun taistelutavan johtaminen joukkueen- ja ryhmänjohtajatasolla*. Pro gradu -tutkielma. Helsinki, 2015. Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. 67 s.
- [48] Meriläinen, U. *Operaattorit virittävät jo tukiasemiaan huippunopeaan mobiiliverkoon – "5G mullistaa etenkin liikenteen"*. 2017. [Viitattu 8.3.2016]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9822998>
- [49] Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. *Internet of things: Vision, applications and research challenges*. Ad Hoc Networks. 2012. Vol 10, no. 7, pp. 1497–1516.
- [50] Mulder, K. *Technology Assessment*. In: Van der Duin, P. (ed.). *Foresight in Organizations: Methods and Tools*. Oxfordshire: Routledge, 2016. pp. 109–124. ISBN 978-1-138-69286-2.
- [51] National Intelligence Council. *Disruptive Civil Technologies — Six Technologies with Potential Impacts on US Interests Out to 2025*. Conference Report, 2008. [Viitattu 26.6.2017]. Saatavissa: <https://fas.org/irp/nic/disruptive.pdf>
- [52] Niiniluoto, I. *Johdatus tieteenfilosofiaan: käsitteen- ja teorianmuodostus*. 3. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava, 2002. 314 s. ISBN 951-1-14831-1.
- [53] Palattella, M. R., Dohler, M., Grieco, A., Rizzo, G., Torsner, J., Engel, T., & Ladid, L. *Internet of things in the 5G era: Enablers, architecture, and business models*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2016. Vol. 34, no. 3, pp. 510–527.
- [54] Pantsar, L. *Upseerikoulutuksen tieteellisyydestä*. Kirjassa: Lappalainen, E. & Jorimakka, J. (toim.). *Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. s. 7–15. ISBN 951-25-1540-7.

- [55] Pasivirta, P. & Kosola, J. *Vaatimustenhallinnan soveltaminen puolustusvoimissa*. Helsinki: Pääesikunta Sotatalousosasto, 2004. 159 s. ISBN 951-25-1548-2.
- [56] Puolustushallinnon rakennuslaitos. *Toimintakertomus 2016*. [Viitattu 15.3.2018]. Saatavissa: <http://phrakl.fi/documents/5332170/5841418/2016+Toimintakertomus>
- [57] Puolustusjärjestelmän osajärjestelmät, Teoksessa: Puolustusvoimien strateginen suunnittelu, PVOHJEK-PE – PESUUNNOS 010, HK659. Helsinki: Pääesikunnan suunnitteluosasto, 13.1.2015. Liite 5.
- [58] Puolustusvoimien kehittämisohjelman laatiminen, Teoksessa: Puolustusvoimien strateginen suunnittelu, PVOHJEK-PE – PESUUNNOS 010, HK659. Helsinki: Pääesikunnan suunnitteluosasto, 13.1.2015. Liite 4.
- [59] Puolustusvoimien prosessiohjaus, PVOHJEK-PE – PEHSM HALLINTO 001, HK262. Helsinki: Pääesikunnan suunnitteluosasto, 22.8.2014.
- [60] Puolustusvoimien strateginen suunnittelu, PVOHJEK-PE – PESUUNNOS 010, HK659. Helsinki: Pääesikunnan suunnitteluosasto, 13.1.2015.
- [61] Raffey, N. *Cheap and Effective: the Weaponization of Commercial Drones on the Battlefield*. NATO Association of Canada. 2017. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <http://natoassociation.ca/cheap-and-effective-the-weaponization-of-commercial-drones-on-the-battlefield/>
- [62] Rantapelkonen, J. & Koistinen, L. *Pohdintoja sotatieteellisistä käsitteistä*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, 2016. 192 s. ISBN 978-951-25-2820-2.
- [63] Ray, P. P. *A survey on Internet of Things architectures*. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. 2016.
- [64] Ray, P. P. *Towards an internet of things based architectural framework for defence*. In: International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), Kuramacoil, 18–19. Dec. 2015. India. pp. 411–416.
- [65] Rayes, A. & Samer, S. *Internet of Things—From Hype to Reality. The road to Digitization*. 1<sup>st</sup> ed. Springer International Publishing AG, 2017. 328 pp. ISBN 978-3-319-44860-2.
- [66] Reinsel, D., Gantz, J. & Rydning, J. *Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical Don't Focus on Big Data; Focus on the Data That's Big*. 2017. [Viitattu 5.4.2018]. Saatavissa: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf>

- [67] Riissanen, U., Ojala, J., Pitkämä, M. & Olli, J. *Rajaturvallisuus ja verkostopuolustus – Toimintamallien, teknologian ja rakenteiden murros 2030?* Kirjassa: Torsti, S. (toim.). Verkostoavusteinen puolustus 2030. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, 2009. s. 285–306. ISBN 978-951-25-2046-6.
- [68] Saarelainen, T. *Improving the Performance of a Dismounted Future Force Warrior by Means of C<sup>4</sup>I<sup>2</sup>SR*. Helsinki: National Defence University, Department of Military Technology, 2013. 123 s. ISBN 978-951-25-2458-7.
- [69] Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. *Research Methods for Business Students*. 6th edition. Harlow: Pearson, 2012. 696 pp. ISBN 978-0-273-75075-8.
- [70] Schwab, K. *The fourth industrial revolution*. London: Portfolio Penguin, 2017. 184 pp. ISBN 978-0-241-30075-6.
- [71] Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. *Edge computing: Vision and challenges*. In: IEEE Internet of Things Journal. 2016. Vol. 3, no. 5. pp. 637–646.
- [72] Silfverskiöld, S., et al. *Technology Forecast 2017 – Military Utility of Future Technologies: A Report from Seminars at the Swedish Defence University's (SEDU) Military-Technology Division*. Swedish Defence University. 2017. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <http://fhs.diva-portal.org/smash/get/diva2:1142391/FULLTEXT01.pdf>
- [73] Singh, D., Tripathi, G., Alberti, A. M., & Jara, A. *Semantic edge computing and IoT architecture for military health services in battlefield*. In: 2017 14<sup>th</sup> IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, 8–11. Jan. 2017. USA. pp. 185–190.
- [74] Stewart, P. *Pentagon reviewing security after fitness apps show locations*. 2018. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <https://www.reuters.com/article/us-usa-military-devices/pentagon-reviewing-security-after-fitness-apps-show-locations-idUSKBN1FI2EH>
- [75] Suorituskyvyn käsitelmä, PVOHJEK-PE – PESUUNNOS, HJ108. Helsinki: Pääesikunnan suunnitteluosasto, 21.11.2013.
- [76] Suorituskyvyn rakentaminen ja ylläpito, PVOHJEK-PE – PVLOG 002, HK666. Helsinki: Pääesikunnan logistiikkaosasto, 3.12.2014.
- [77] Suorituskyvyn rakentamisessa ja ylläpidossa noudatettavat menetelmät ja työkalut, Teoksessa: Suorituskyvyn rakentaminen ja ylläpito, PVOHJEK-PE – PVLOG 002, HK666. Helsinki: Pääesikunnan logistiikkaosasto, 3.12.2014. Liite 2.

- [78] Suri, N., et al. *Analyzing the Applicability of Internet of Things to the Battlefield Environment*. In: International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS), Brussels, 23–24. May 2016. Belgium. pp. 1–8.
- [79] Technical Activities of the STO. *IST-147 Military Applications of Internet of Things*. NATO Science and Technology Organization. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavissa: <https://www.sto.nato.int/Pages/activitieslisting.aspx>
- [80] Tortonesi, M., Morelli, A., Govoni, M., Michaelis, J., Suri, N., Stefanelli, C., & Russell, S. *Leveraging Internet of Things within the military network environment – Challenges and solutions*. In: 2016 IEEE 3<sup>rd</sup> World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Reston, 12–14 Dec. 2016. USA. pp. 111–116.
- [81] Tuomi, J. & Sarajärvi, A. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 6. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi, 2009. 182 s. ISBN 978-951-31-5369-4.
- [82] Tuukkanen, T. & Anteroine, J. *Framework to develop military operational understanding of cognitive radio*. In: International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS), Cracow, 18–19. May 2015. Poland. pp. 1–9.
- [83] Tynkkynen, V., et al. *Sotatekniikka tieteenalana*. Kirjassa: Karvonen, M. (toim.). Opinnäytetöiden ohjaaminen Maanpuolustuskorkeakoulussa. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, 2017. s. 44–50. ISBN 978-951-25-2918-6.
- [84] Vaatimustenhallinta suorituskyvyn rakentamisessa ja ylläpidossa, PVOHJEK-PE – Vaatimustenhallinta 001 – PELOGOS, HN919. Helsinki: Pääesikunnan logistiikkaosasto, 22.12.2017.
- [85] Valkola, E. *Kirjallisuustutkimus tutkimusmenetelmänä*. Kirjassa: Lappalainen, E & Jormakka, J. (toim.). Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. s. 42–49. ISBN 951-25-1540-7.
- [86] Valtioneuvoston kanslia. *Valtioneuvoston puolustusselonteko*. Helsinki: Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 2017. 33 s. ISBN 978-952-287-370-5.
- [87] Vermesan, O., et al. *Internet of Things Strategic Research and Innovation Agenda*. In: Vermesan, O. & Friess, P. (ed.) Internet of things – From Research and Innovation to Market Deployment. Aalborg: River Publishers, 2014. pp. 7–142. ISBN 978-87-93102-95-8.

- [88] Vermesan, O., et al. *Internet of Things vision*. In: Sundmaeker, H., et al. (ed.). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. pp. 39–82. ISBN 978-92-79-15088-3.
- [89] Vilmos, A. & Moroni, A. *NFC Technology and its application Scenarios in a future of IOT*. In: Sundmaeker, H., et al. (ed.). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. pp. 105–110. ISBN 978-92-79-15088-3.
- [90] Walker, M. J., Burton, B. & Cantara M. *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2016*. Gartner Inc., 2016. 69 pp.
- [91] Wind River Systems Inc. *The Internet of Things for Defense*. 2015. [Viitattu 26.6.2017]. Saatavissa: <http://events.windriver.com/wrcd01/wrcm/2016/08/WP-IoT-internet-of-things-for-defense.pdf>
- [92] Wrona, K. *Securing the Internet of Things a military perspective*. In: 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Milan, 14–16. Dec. 2015. Italy. pp. 502–507.
- [93] Yushi, L., Fei, J. & Hui, Y. *Study on application modes of military Internet of Things (MIOT)*. In: International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE), Zhangjiajie, 25–27. May 2012. China. pp. 630–634.
- [94] Zhang, K., Ao, Z., Tang, C., Wang, Y., Zhu, W., & Feng, B. *Application of Internet of Things in Combined Operation Logistics Support*. In: Fourth International Conference on Computational and Information Sciences (ICCIS), Chongping, 17–19. Aug. 2012. China. pp 388–391.
- [95] Zheng, D. & Carter, A. *Leveraging the Internet of Things for a more efficient and effective military*. Lanham: Rowman & Littlefield, 2015. 39 pp. ISBN 978-1-4422-5890-7.

Taulukko 3. Kooste tutkimuksen analyysiosion tuloksista.

D	O	T	M	L	P	F	I	i
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Esineiden internet synnyttää Puolustusvoimissa tarpeen seikkaperäiselle tietoturvallisuusohjeistukselle, jolla ohjeistetaan hajautetuista järjestelmien järjestelmistä koottavan datan hallinnointiin ja käyttöön liittyvät oikeudet ja velvollisuudet</li> <li>-Esineiden internet synnyttää tarpeen sotilaiden omien laitteiden käytön ohjeistuksesta, mikäli erilaisia BYOD-laitteita halutaan käyttää osana Puolustusjärjestelmän osajärjestelmiä</li> <li>-Erialaisten joukkoistamistoimintojen mahdollistamiseksi yhteiskunnassa tulee käydä keskustelua muun muassa erilaisista lainopillisista näkökulmista liittyen datan keräämiseen ja käyttämiseen</li> <li>-Langattoman tiedonsiirron lukuisten esineiden välillä mahdollistava taajuushallintaprosessi tulee huomioida normaaliolojen harjoitustoiminnan mahdollistamiseksi sekä poikkeusolojen toiminnan takaamiseksi</li> <li>-Tarve keskustelulle yhteiskunnan muun osien omistamien esineiden internetin järjestelmien hyödyntämiseen liittyvien toimivaltuuksien selkeyttämisestä ja hyödyntämisestä puolustustarkoituksessa</li> <li>-Puolustusvoimien suorituskykyjen rakentamisen ja ylläpidon prosesseissa tulisi vaalia hankkeita keskitetyksi koordinoivan elimen toimintaa erilaisten järjestelmien yhteentoimivuuden takaamiseksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Järjestelmien verkottumisen myötä Puolustusvoimissa korostunee tarve ICT-alan osaajille</li> <li>-Hankeorganisaatioiden uudelleentarkastukset ja mahdolliset muutokset lukuisten erilaisten järjestelmien yhteensopivuuden takaa- miseksi</li> <li>-Mahdollinen hankkeita koordinoivan organisaation muodostaminen tai vahventaminen</li> <li>-Mahdollisten organisaatiomuutosten suunnittelu enemmän eri toimijoiden välistä yhteistyötä tukevasti</li> <li>-Taistelukentän huoltohenkilöstön voisi olla tehokasta organisoida kes-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Henkilöstön koulutuksessa, erityisesti johtamisen opetuksessa, korostunee dataohjautuva ja tietoon perustuva johtamisote</li> <li>-Tarve johtamisjärjestelmäalan ja kyberalan opetukselle kasvaa verkottuneiden järjestelmien myötä</li> <li>-Elektronisen sodankäynnin osuus opetuksessa lisääntynee</li> <li>-Tarve opetukselle erilaisten tietokantojen kattavasta hyödyntämisestä kasvanee</li> <li>-Vaatimukset järjestelmien yhteentoimivuudesta korostavat tarvetta erillisen hankehenkilöstön koulutukselle</li> <li>-Mahdollinen keskitetty huollonjohtaminen edellyttää uudenlaista koulutusta sekä esimiehille että huoltohenkilöstölle</li> <li>-Vaatimukset taistelujärjestelmään kohdistuvasta koulutustarpeista ovat vähäisiä, mikäli laitteet onnistutaan rakentamaan käyttäjäystävällisiksi</li> <li>-Esimerkiksi ajoneuvoihin integroiduilla sensoreilla voitaisiin tehostaa koulutuksen suunnittelua ja resurssitehokkuuden seurantaa</li> <li>-Koulutuksen tehokkuuden ja kehityksen seuranta tullee osittain mahdolliseksi toteuttaa erilaisin sensorijärjestelmin</li> <li>-Koulutustavoitteiden asetelua ja tavoitteiden saavuttamisen seurantaa olisi mahdollista kehittää, mikäli esineiden internetin järjestelmillä eri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Erialaisten päätelaitteiden määrä tulee sotilasesineiden internetin myötä kasvamaan Puolustusvoimissa, kuin myös esimerkiksi asejärjestelmiin integroitavien sensorien ja antureiden määrä</li> <li>-Lukuisista esineistä kerätävä datamäärä synnyttää tarpeen lisätä myös erilaisten palvelinten määrää</li> <li>-Erialaisten järjestelmien teknisen yhteensopivuuden takaaminen on keskeinen tarve, oli kyseessä sitten Puolustusvoimien omat järjestelmät tai muut yhteiskunnan järjestelmät</li> <li>-Esineiden internetin standardien puute vaikeuttaa kasvavan laitemäärän yhteensopivuuden hallintaa</li> <li>-Sotilaalliseen käyttöön rakennettavan esineiden internetin osalta myös COTS-tuotteiden soveltuvuuden arviointia tulisi tehdä</li> <li>-Tarve selvittää olisiko Puolustusvoimien mahdollista täydentää tiedustelu- ja valvontajärjestelmänsä osana yhteiskunnallisia rakennushankkeita</li> <li>-Taistelujärjestelmien lisäksi esineiden internetillä olisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Esineiden internetillä olisi mahdollista tukea keskitettyä komentajakeskeistä johtamistoimintaa</li> <li>-Esineiden internet korostanee tarvetta dataohjautuvalle johtamisotteelle</li> <li>-Elektronisen sodankäynnin osuus johtamistoiminnassa lisääntynee</li> <li>-Suorituskyvyn rakentamisen ja ylläpidon prosesseissa saattaa syntyä tarve selkeälle Top-Down -ohjausmallille standardoimattomien teknologioiden yhteentoimivuuden takaa- miseksi</li> <li>-Tarve yhteistyötä korostavalle johtamistoiminnalle korostuu erityisesti suorituskykyjen rakentamisen viitekehyydessä</li> <li>-Edellytykset hajautettujen joukkojen johtamiselle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Järjestelmien verkottumisen myötä Puolustusvoimissa korostunee tarve ICT-alan osaajille</li> <li>-Tarve tietokantojen kattavan käytön ja tilastollisten analyysien osaajille korostuu</li> <li>-Esineiden internetin myötä Puolustusvoimien hankehenkilöstön kouluttaminen järjestelmien yhteentoimivuuden merkityksen ymmärtämisestä kasvaa</li> <li>-Tarve osavalle hankehenkilöstölle korostuu, sillä hanketoiminta ml. vaatimustenhallintaprosessit todennäköisesti järjestelmien verkottumisen myötä entisestään vaikeutuu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Esineiden internetin sovellukset tulevat todennäköisesti lisääntymään myös muilla viranomaisilla ja yhteiskunnan osilla, jonka seurauksena Puolustusvoimien toiminta-alueilla tulee tulevaisuudessa todennäköisesti olemaan mittava määrä erilaisia verkottuneita järjestelmiä. Tämän seurauksena tarve keskustelulle tällaisten järjestelmien hyödyntämisestä puolustustarkoituksessa lisääntynee</li> <li>-Puolustusvoimien vakituksessa käytössä olevien rakennusten anturoiden osalla olisi todennäköisesti mahdollista kehittää useita eri prosesseja tilaturvallisuudesta varustojen hallintaan</li> <li>-Esineiden internetiin pohjautu- valla varuskunta-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Puolustusvoimien omien järjestelmien, yhteiskunnallisten järjestelmien ja muiden paikallistoimijoiden järjestelmien teknisen yhteensopivuuden takaamiseksi tulee kiinnittää paljon huomiota</li> <li>-Erialaisten järjestelmien tuottaman tiedon yhteismittaisuus tulisi varmistaa jo osana järjestelmien rakennusvaihetta</li> <li>-Esineiden internetin standardien puute vaikeuttaa järjestelmien yhteensopivammaksi toistaiseksi merkittävästi. Järjestelmien yhteensopivuus on esineiden internetin laajamittaisen yleistymisen näkökulmasta tällä hetkellä kaikista keskeisin este.</li> <li>-Tulisi selvittää tarvetta erillisille koordinoitaville järjestel-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Muiden viranomaisten ja Puolustusvoimien välisen tiedonon- nistumisen takaamiseksi sovitettava ke- rättävän tiedon yhteis- mittaisuudesta</li> <li>-Yhteentoimivuuden takaaminen myös Puolustusvoimien strategisten kumppaneiden järjestelmien kanssa edellyttää eri järjestelmien tuottaman datan yhteis- mittaisuutta</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eri osapuolien (puolustushaarat, teollisuus, kumppanit) väliseen yhteistyöhön kannustavaa kulttuuria tulee tukea, sillä esineiden internetin standardien puutteesta johtuen järjestelmien yhteensopivuuden toteuttaminen vaatii tietoisia yhteistuumin tehtyjä päätöksiä</li> <li>-Esineiden internetillä saattaisi olla potentiaalia kehittää entistä proaktiivisempaa taistelutapaa kaluston käyttöasteen nousun ja mahdollisesti paremman tilannekuvan myötä</li> <li>-Esineiden internet saattaisi helpottaa maavoimien hajautetun taistelutavan toteuttamista paremman tilannekuvan ja sen kautta tapahtuvan johtamisen kautta</li> <li>-Esineiden internet saattaisi luoda edellytykset erilaisille etäsodankäynnin muodoille, jos esimerkiksi epäsuorantulen tulenjohtaminen voitaisiin toteuttaa sensoriverkoston tukemana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kitettyä huolto-ohjelmistatukeksi, jos esineiden internetillä toteutetaan keskeisten asejärjestelmien kunnonseuranta- ja ennakoiva diagnostiikka-järjestelmä</li> <li>-Eri joukkojen organisaatiot tulisi tarkastella uudestaan, mikäli taistelutavassa turvaututtaisiin enemmän esineiden internetin tuottaman tiedon varaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>taistelukentän prosessit muuttuisivat paremmin mitattavaksi, esimerkiksi erilaisten huoltokuljetusten monitorointi helpottunee anturoinnin myötä</li> <li>-Sensoriverkostolla kerätty data mahdollistaisi tarkemman palautteenannon ja sitä kautta paremman koulutuksen</li> <li>-Esimerkiksi fyysisen toimintakyvyn seurantajärjestelmät mahdollistaisivat yksilöllisemmän koulutuksen toteuttamisen</li> <li>-Tarve suorituskykyjen rakentamisen ja ylläpidon prosessien koulutukselle korostuu, sillä hanketoiminta ml. vaatimustenhallintaprosessit todennäköisesti järjestelmien verkottumisen myötä entisestään vaikeutuu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mahdollista tehostaa esimerkiksi Puolustusvoimien varastojärjestelmän toimintaa, joka edellyttää monipuolista järjestelmien anturointia varastoinnin aikaisen seurannan toteuttamiseksi</li> <li>-Reserviläisarmeijan käyttöön suunniteltava sotilas-esineiden internet tulee laitetason ratkaisujen osalta olla hyvin käyttäjäystävällinen ja helposti käyttöön otettavissa ilman mittavaa koulutusta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>helpottunee järjestelmien verkottumisen seurauksena</li> <li>-Teknologiapainotteen taistelutapa edellyttää muutosta johtamiseen ja johtajilta luottamusta teknologian mahdollisuuksiin</li> <li>-Sensoriverkostolla kerätty data mahdollistaisi paremman johtamisen, joskin samalla syntyy vaara tarpeettomasta mikro-manageroinnista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tarve osavalle huoltohenkilöstölle korostuu, esineiden internetin mahdollistama huollon keskitetty johtaminen edellyttää huoltohenkilöstöltä yksittäisiin asejärjestelmiin keskittyvän osaamisen sijasta myös laaja-alaisempaa osaamista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>verkoston energiatehokkuutta kasvattavalla järjestelmällä olisi mahdollista synnyttää kustannussäästöjä infrastruktuurin ylläpidossa</li> <li>-Esineiden internet mahdollistaisi varuskuntien turvallisuuden kehittämisen esimerkiksi erilaisin kulunvalvontajärjestelmin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mien yhteensopivuuden takaa-miseksi niin Puolustusvoimien sisällä, kuin myös strategisten kumppaneiden kesken</li> </ul>	
---	---	---	--	---	---	---	---	--