

JOUSTAVAN VAATIMUSTENHALLINNAN SOVELTAMINEN EMISSIOIDENHALLINTAKONSEPTIN LUOMISEEN

PASI TOLVANEN, PETTERI HEMMINKI, MIKKO MUSTONEN

KIRJOITTAJAT OVAT YLEISESIKUNTAUPSEERIKURSSIN KÄYNEITÄ KAPTEENEJA

Abstrakti

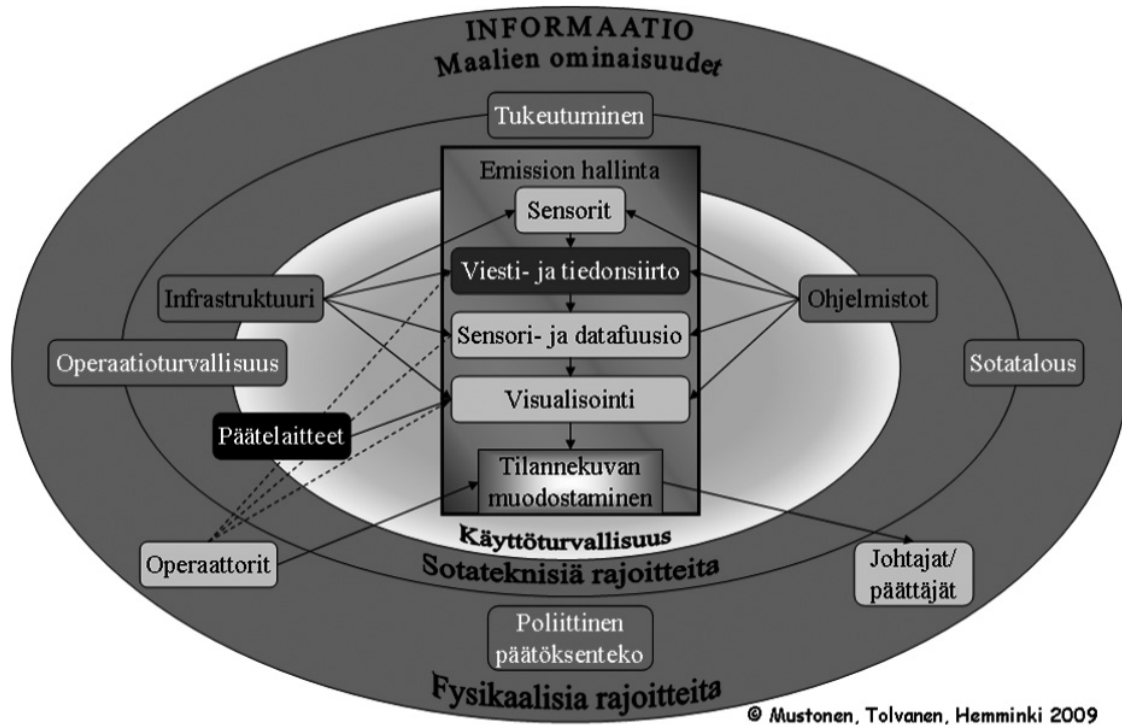
Verkostopuolustuksen periaatteen toteutuminen suorituskykyjen ja osaamisen täysimääräisestä hyödyntämisestä on pitkälti riippuvainen toimivasta emissionhallinnasta. Emissionhallinnan konseptilla ohjataan sekä suorituskykyjen suunnittelua ja rakentamista että toiminnallista emissionhallintaa sotilasoperaatioissa. Konseptin puuttuessa verkostopuolustuksen edellyttämän yhteensopivuuden saavuttaminen on vaikeaa, jopa mahdotonta. Artikkelissa esitellään malli suorituskykyjen vaatimustenhallinnan dynamiikan – joustavuuden – aikaansaamiseksi sekä sovelletaan tätä mallia emissionhallinnan kokonaiskonseptin luomiseksi.

Johdanto

Nopea tekninen kehitys sekä sen vaikutukset uhkaympäristöön ja mahdollisuuksiin kehittää kansallisia suorituskykyjä on tuottanut uusia haasteita vaatimustenhallinnalle. Vaatimukset suorituskyvyille, kuten emissionhallinnallekin, syntyvät pääosin teknisestä kehityksestä mahdollistajana ja uhkaympäristön muutoksesta tarpeen tuottajana. Puolustuskyvyn ylläpitäminen tarvetta vastaavalla tasolla edellyttää oikea-aikaista päätöksentekoa halutun suorituskykytason saavuttamiseksi tai olemassa olevan säilyttämiseksi. Päätöksenteon mahdollistamiseksi tarvitaan jatkuvaa, ajantasaista tietoa – tilannekuvaa – omista suorituskyvyistä, niiden rakentamisen taustalla olevista vaatimuksista sekä yhteensopivuudesta muihin suorituskykyihin (järjestelmiin). Konstruktiivisen vaatimustenhallinnan kehittämiseksi on luotava päätöksentekoa tukeva, entistä joustavampi kokonaisuus, jossa toteutuvat jatkuva seuranta ja analysointi, vaatimustiedon hallinta sekä vaihtoehtoisten operatiivisten konseptien tuottaminen.

Joustavan vaatimustenhallinnan malli on skaalautuva, ja se soveltuu myös niin sanottujen ylätasojen konseptien pohjaksi. Selkeän kansallisen konseptihierarkian puuttuessa käytetään esimerkkinä ylätasojen konseptista emissionhallintaa. Konsepti kuvaa ulkopuolisten syötteiden sekä sisäisten toimintojen merkityksen kokonaisohjaukselle ja antaa perusteet alisteisten, kuten puolustushaarakohtaisten, emissionhallintakonseptien laatimiselle.

Artikkelissa tarkastellaan sähkömagneettisen spektrin osalta erityisesti tilannekuvan muodostamiseen sekä vaikuttamisen järjestelmiin liittyvien sensoreiden, tiedonsiirtojärjestelmien ja fuusion edellyttämää emissionhallintaa. Vastaus haetaan ky-



Kuva 1. Tilannekuvan muodostaminen ja emissionhallinta tulevaisuuden integroidussa verkostopuolustuksessa.

symykseen, miten vaatimustenhallintaprosessilla voidaan tukea emissionhallintaan ja tilannekuvan muodostamiseen liittyvien haasteiden ratkaisemista kehitettäessä 2030-luvun verkostopuolustusta. Tulevaisuuden integroitu yhteinen, JOINT¹-verkostopuolustuksen periaatteen mukainen järjestelmä mahdollistaa yhtenäisen tilannekuvan tukemaan päätöksentekoa kaikilla johtamistasoilla. Päätökset voidaan siirtää käytännön toiminnaksi yhtenäisellä johtamisjärjestelmällä ja sen ohjaamalla verkotetulla vaikuttamisen järjestelmällä.² Kuvassa 1 esitetään tilannekuvaan liittyvän emissioiden hallinnan kokonaisuuteen vaikuttavat osatekijät.

Suorituskyvyn suunnittelussa on tarve huomioida suorituskyvyn eri osatekijöistä muodostuva kokonaisuus joka alkaa idean syntymisestä ja tehtävätarpeen sekä operatiivisen konseptin laatimisesta ja päättyy suorituskyvyn purkamiseen sen elinjakson loppuvaiheessa. Kokonaisuus olisi huomioitava jo konseptivaihtoehtoja laadittaessa ja arvioitaessa. Sotavarustusta kehitetään voimakkaasti, sitä kautta myös

1 Allied Joint Doctrine AJP-01(B). Glossary-7. NATO/Pfp Julkinen. Joulukuu 2002, ss. 241–242 ja 246.

2 Kosola, Jyri & Jokinen Janne: Elektroninen sodankäynti, osa 1 – taistelun viides dimensio. Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan Laitoksen Julkaisusarja 5, N:o 2. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1554-7, s. 12.

vaadittavat tukitoimet sekä infrastruktuuri monimutkaistuvat. Alueellisen taistelun verkostopuolustusperustaista iTVJ-järjestelmää kehitetään, jotta operatiivisen tietojenkäsittely-ympäristön varmennettu, keskinäisriippuvainen, tarvittaessa itsesynkronoitu verkostorakenne mahdollistaa paikasta riippumattoman päätöksenteon, puolustusvoimien yhteisten ja puolustushaarojen suorituskykyjen JOINT-johtamisen, yhteistoiminnan muiden viranomaisten kanssa sekä kansainvälisen yhteistoiminnan.^{3 4 5} Tulevaisuuden ITVJ-kokonaisuuden tavoitteena on vaikutusperustainen, integroitua suorituskykyä ja tiedonsiirtojärjestelmää hyödyntävä kokonaisuus rinnakkaisen johtamisprosessin ja itseohjautuvan tehtävätaktiikan tueksi, jolloin loppukäyttäjä saa tilannekuvaa, raportteja, analyysejä ja johtopäätöksiä tilannetietoisuuden ja tilanneymmärryksen pohjaksi.

Suorituskykyjen suunnittelun lähtökohdaksi voidaan ottaa ainakin kaksi tarkastelunäkökulmaa, kun määrittelyssä pyritään huomioimaan sodankäynnin toiminnalliset ulottuvuudet⁶ ja sekä omat että vastustajan toimintamahdollisuudet. Kokonaisuutta tarkasteltaessa voidaan miettiä, onko tärkeämpää linjata se, mitä suorituskyvyllä kyetään tekemään, vai se, mihin ei kyetä sekä millä reunaehdoilla tai riskitasoilla tietyt suorituskykyvajeet ovat hyväksyttävissä saavuttaaksemme parhaan mahdollisen lopputuloksen kustannustehokkaasti.⁷ Lisäksi voidaan kysyä, ohjaavatko sodankäynnin kehityslinjat puolustusteollisuutta ja suorituskykyjen kehittämistä vai ohjaako puolustusteollisuuden kehitys sodankäyntiä. Elävätkö nämä kaksi harmonisessa symbioosissa? Keskeisenä tarkastelun työkaluna tarvitaan kokonaisvaltaista suorituskyvyn elinjakson hallinnan kattavaa vaatimustenhallintaprosessia. Tämän artikkelin tuloksena kuvaillaan ajatus verkostopuolustukseen liittyvän emissioiden hallinnan konseptikokonaisuudesta, jonka hallittuun toteutukseen esitetään joustavan vaatimustenhallinnan prosessia. Prosessia voidaan hyödyntää sekä emissioiden hallintaan että myös muuhun puolustusvoimien toimintaan liittyvien konseptivaihtoehtojen sekä suorituskykyvaatimusten laatimisessa ja arvioinnissa.

3 Heinonen, Jyrki: VERKOSTOPUOLUSTUS – 2010-luvun johtamisdoktriini. Ilmatorjuntaupseeri 3/2005. Ilmatorjuntaupseeriyhdistys ry. Taitotalo PrintOne, Helsinki 2005.

4 Korkiamäki, Ilkka: Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäala muutoksessa – organisaatioiden, järjestelmien ja toimintatapojen rationalisointia. Viestimies 1/2007.

5 Kenttäohjesääntö – Yleinen osa. Pääesikunta, Suunnitteluosasto. Ohjesääntönumero 202. Edita Prima Oy, Helsinki 2007. ISBN 978-951-25-1744-2.

6 Ahvenainen, Sakari: Sotilas- ja siviiliteknologian eroista – evoluutinen ja systeeminen tarkastelu. Tiede ja Ase 2007. Suomen sotatieteellisen seuran vuosijulkaisu n:o 65. Waasa Graphics, Vaasa 2007. ISBN 978-951-96314-4-8: Sodankäynnin yhdeksän toiminnallista ulottuvuutta: tekniikka, doktriini, organisaatiotaito, logistiikka, tieto, ihminen, aika, energia ja tila.

7 Kari, Mikko & Hakala, Arto & Pääkkönen, Elisa & Pitkänen, Markku (toim.): Sotatekninen arvio ja ennuste 2025 – STAE 2025, osa 2, Puolustusjärjestelmien kehitys. Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 15. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN 978-951-25-1890-6.

Joustava vaatimustenhallinta

Vaatimustenhallinta (Requirements Management, RM) on kiinteä osa järjestelmän suorituskyvyn kokonaisuuden hallintaa (Systems Engineering). Vaatimustenhallintaprosessiin kuuluu vaatimusten määrittely ja kerääminen sekä vaatimustietojen ylläpito. Vaatimustenhallintaprosessi tarjoaa menettelyt, joita noudattamalla on mahdollista analysoida suorituskyvyn perusteet ja suorituskyvyn todellinen taso sekä järjestelmän suorituskyvyn kehittäminen järjestelmän koko elinjakson ajan järjestelmän käyttöympäristössä. Vaatimustenhallinnan tavoitteena on mahdollistaa kehittämisohjelman ja sen hankkeiden tehokas ja systemaattinen toteuttaminen.⁸ Kansainvälisessä tarkastelussa kokonaisvaltaisesta vaatimustenhallinnasta käytetään paremmin kuvaavaa termiä requirements engineering, jonka toisena alaprosessina on vaatimusten määrittely (requirements definition) ja toisena vaatimustiedon hallinta (requirements management).⁹

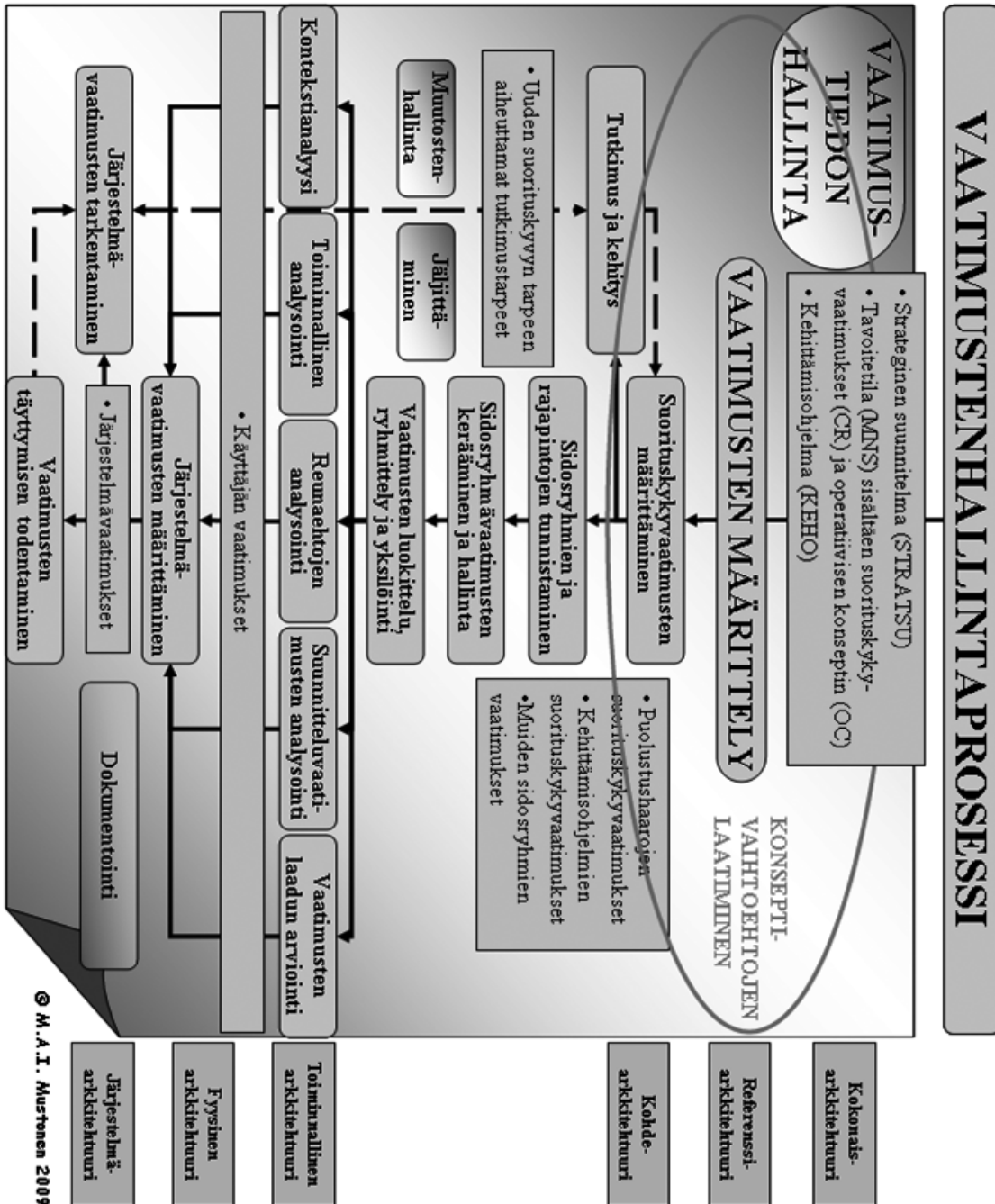
Järjestelmien ja joukkojen suorituskyky muodostuu seuraavien osatekijöiden integroituna kokonaisuutena: suorituskykyvaatimukset, käyttö- ja toimintaperiaatteet, osaava ja toimintakykyinen henkilöstö, ajanmukainen ja määrävahvuinen materiaali, toiminnan edellyttämä infrastruktuuri sekä puolustusvoimien omat ja muun yhteiskunnan tarjoamat tukeutumismahdollisuudet. Suorituskykyjen rakentamiseksi niille on suunniteltava operatiivinen konsepti, määriteltävä suorituskykyvaatimukset reunaehtoineen ja kuvailtava tehtäväprofiili oletetussa käyttöympäristössä ja tilanteessa.¹⁰

Suorituskykyvaatimuksilla (Capability Requirements) tarkoitetaan vaatimuksia, jotka kuvaavat, mitä järjestelmän pitää tehdä. Niissä ei ole tarkoitus ottaa kantaa, miten kyseinen tarve tai vaatimus täytetään, jotta mahdollista uusien innovaatioiden suunnittelua tai olemassa olevia toteutusvaihtoehtoja ei rajata liian aikaisessa vaiheessa pois. Suorituskykyvaatimuksilla määritellään kuitenkin mahdollisuuksien mukaan, millaisilla reunaehdoilla suorite on saatava aikaan, jos tiedetään esimerkiksi joihinkin resursseihin liittyviä rajoitteita. Tällaista tarvetta kuvaavien vaatimusten on

8 Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri: Vaatimustenhallinnan soveltaminen puolustusvoimissa. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1548-2.

9 Kauppinen, Marjo: Introducing requirements engineering into product development: towards systematic user requirements definition, Doctoral Dissertation. TKK Dissertations 15. Helsinki University of Technology, Department of Computer Science and Engineering, Software Business and Engineering Institute, Espoo 2005.

10 Kenttäohjesääntö- Yleinen osa.



Kuva 2. Mukailtu vaatimustenhallinnan prosessikaavio. Lähteet: Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri; PESTALOS PAK 03:05 vrt. PEMATOS PAK 08:06.; Kauppinen.

oltava helposti ymmärrettäviä, lyhyitä sekä ei-teknisiä.^{11 12}

Prosessimaisesti etenevä vaatimustenhallinnan kokonaisuuden toimintaketju voidaan esittää sovellettuna kuvassa 2 esitetyksi hierarkkiseksi prosessikaavioksi, jonka mukaan puolustusvoimien vaatimustenhallintaprosessin olisi tarkoitus edetä. Lyhyesti sanottuna prosessin tarkoituksena on määrittellä vaatimukset järjestelmälle, joka tuottaa käyttäjien tai muiden asiakkaiden tarvitseman suorituskyvyn määritellyssä ympäristössä siten, että mahdollisesti tarvittavat muutokset sekä niiden syyt ja seurannaisvaikutukset kyetään havaitsemaan ja toteuttamaan hallitusti. Kokonaisuutta on hallittava siten, että prosessin eri vaiheista on löydettävissä dokumentit, joiden perusteella eri tasolla tehdyt suunnitelmat, määrittelyt, päätökset ja muut toimenpiteet on jäljitettävissä.

Suorituskykyjä ylläpidetään ja luodaan strategisessa suunnittelussa määritettyjen tehtävatarpeiden täyttämiseksi. Vaatimustenhallinnalla pyritään varmistamaan, että vanhojen suorituskykyjen ylläpito sekä uusien suorituskykyjen suunnittelu ja rakentaminen toteutetaan suunnitelmallisesti ja hallitusti¹³. Vaatimustenhallinnan merkitys korostuu erityisesti monimutkaisten systems of systems -tasoisten järjestelmien hallitsemisessa.

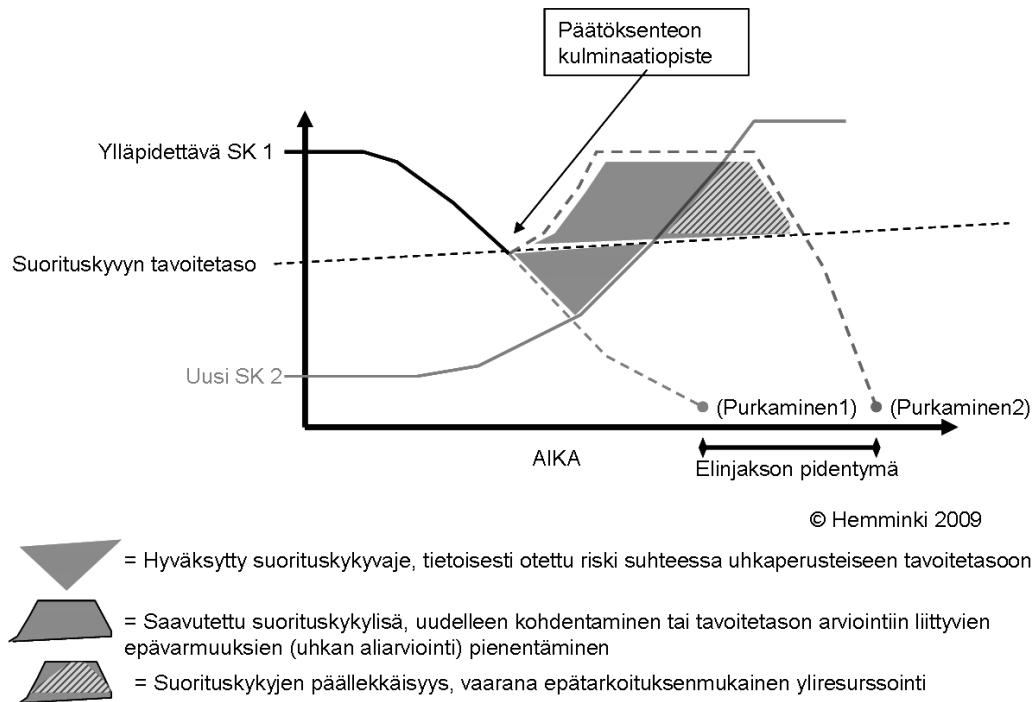
Haasteen suunnitelmalliselle suorituskykyjen ylläpidolle ja rakentamiselle muodostaa kiihtyvä teknologinen kehitys, joka vaikuttaa eri suorituskykyjen potentiaaliin täyttää asetetut tehtävatarpeet. Suorituskyvyt sinällään eivät yleensä merkittävästi heikkene elinjaksojensa aikana, pois luettuna järjestelmien mekaaninen kuluminen, mutta niiden suhteellinen potentiaali täyttää tehtävatarve suhteessa vastustajan suorituskykyjen kehittymiseen laskee. Suorituskykyjen jatkuva ylläpitäminen ja uusien suorituskykyjen luominen on monimutkaistuvien järjestelmien takia yhä kalliimpaa sekä aikaa vievää, jolloin on väistämätöntä hyväksyä hetkelliset suorituskykyvajeet suhteessa asetettuihin tavoitetasoihin. Tätä problematiikkaa kuvataan kuvassa 3.

Suorituskyvyn tavoitetaso ei ole yleensä kuvatun kaltainen pysyvällä kulmaker toimella nouseva suora, vaan suorituskykyyn liittyvien uhka-arvioiden päivittymisen mukaan muuttuva taso. Teknologian nopea kehittyminen aiheuttaa tähän epäjatkuvuuskohtia, jolloin epävarmuus kasvaa mitä pidemmälle tulevaisuuden arviointia toteutetaan aikajanalla. Tavoitetasoa korkeampaa suorituskykyä voidaan näkökul-

11 PESTALOS PAK 03:05. Vaatimukset ja niiden hallinta puolustusvoimissa. Pääesikunta, sotatalousosasto. PVAH-tietokanta, tallennettu 10.11.2007; Ks. myös: PEMATOS PAK 08:06 Vaatimustenhallinta puolustusvoimissa. Pääesikunta, materiaaliosasto. PVAH-tietokanta, viitattu 5.8.2009.

12 Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri.

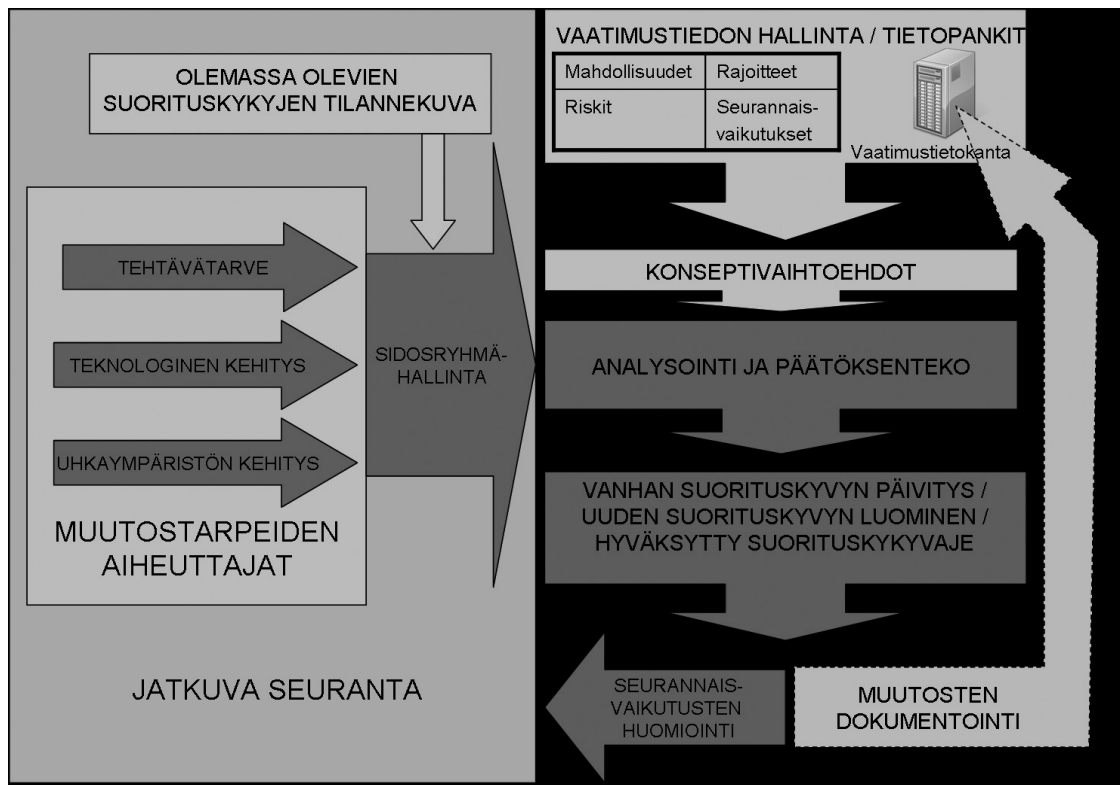
13 Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri: Vaatimustenhallinnan soveltaminen puolustusvoimissa. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1548-2.



Kuva 3. Suorituskyvyn tason muuttuminen elinjakson aikana.

masta riippuen pitää joko tavoitetasoon ja sen kehittymiseen liittyvien epävarmuuksien kompensointina tai tarpeettomana yliresurssointina. Suorituskykyliisän voidaan myös katsoa olevan mahdollisuus korvata muissa suorituskyvyissä ilmeneviä vajeita tai resurssi, mikä mahdollistaa suorituskyvyn käytön suunniteltua laajemmassa mitataavassa. Yliresurssointi voi tulla kyseeseen viimeistään silloin, kun uusi korvaava suorituskyky ja vanha alas ajettava suorituskyky ylittävät asetetun tavoitetason yhtäaikaaisesti. Päätöksenteon oikea-aikaisuus onkin keskeinen tekijä optimaalisen tasapainotilan löytämiseksi suorituskykyvajeiden syntymisen estämiseksi ja hallitsemiseksi kustannustehokkaalla tavalla.

Joustavassa vaatimustenhallinnassa korostuu jatkuva tilanteen arviointi, jolla mahdollistetaan päätöksenteon oikea-aikaisuus. Näin kyetään optimoimaan olemassa olevien ja lähitulevaisuudessa luotavien suorituskykyjen keskinäistä suhdetta. Olemassa olevien ja ylläpidettävien suorituskykyjen osalta tämä edellyttää tilannetietoisuutta suorituskyvyn eri osa-alueista sekä laadullisesti korkeatasoisen vaatimusdokumentaation ylläpitämistä. Suorituskyvyn ylläpitämiseen liittyviä muutoksia ei ole mahdollista toteuttaa hallitusti, ellei kyetä etukäteen osoittamaan, mitä seurannaisvaikutuksia muutoksen toteuttamisesta aiheutuu. Tällöin korostuu erityisesti alkuperäisten vaatimusten jäljitettävyyttä. Joustavan vaatimustenhallinnan keskeinen ydin on juuri tässä kokonaisuudesta. Ensinnäkin, mitä muutoksia on ylipäättään



Kuva 4. Joustavan muutostenhallinnan toteutus.

mahdollista tehdä hallitusti suorituskykyyn? Toiseksi, milloin on aloitettava uuden suorituskyvyn rakentaminen, ellei vaadittua tehtävätasoa kyetä täyttämään olemassa olevilla suorituskyvyillä tarkasteltavana olevalla ajan hetkellä.

Joustavassa muutostenhallinnassa korostuu aktiivinen suorituskykyjen eri osalueiden seuranta suhteessa muuttuvaan uhkaympäristöön, tehtävatarpeisiin sekä yleiseen teknologiseen kehitykseen. Aktiivisella sidosryhmien hallinnalla mahdollistetaan jatkuva muutostarpeiden kerääminen. Muutostarpeita analysoidaan suhteessa olemassa olevien suorituskykyjen mahdollisuuksiin ja rajoitteisiin. Muutosten toteuttamiseksi pyritään aktiivisesti luomaan useita konseptivaihtoehtoja, joihin liittyvät riskit ja seurannaisvaikutukset esitetään päätöksentekoesittelyn yhteydessä. Riskienhallintaa sekä seurannaisvaikutusten arviointia kyetään tukemaan keskitetyllä vaatimustiedonhallinnalla, mikä edellyttää kaikkien suorituskykyjen vaatimustietojen kokoamista samaan tietopankkiin. Tästä saavutetaan hyötyjä aika- ja resurssisäästöinä, koska uusia vaatimuksia, reunaehtoja ja ketjutuksia ei tarvitse aina luoda uudelleen, vaan kyetään hyödyntämään osakokonaisuuksia aikaisemmin laadituista vaatimusmatriiseista.

Joustavan vaatimustenhallinnan toteutusperiaatteilla voidaan saavuttaa seuraavia

hyötyjä: 1) kyetään parantamaan päätöksentekoon tarvittavia perusteita, 2) päästään hyödyntämään olemassa olevien suorituskykyjen kehittämispotentiaaleja tehokkaammin, 3) nopeutetaan uusien suorituskykyjen käyttöön ottamista sekä 4) vähennetään suorituskykyihin liittyvien tiedostamattomien vajeiden esiintymistä.

Emissionhallinta verkostopuolustuksen sotateknologisena haasteena

Tässä artikkelissa emissionhallinnalla tarkoitetaan taajuushallinnan, emissiokontrollin ja järjestelmien elektronisen suojaamisen muodostamaa kokonaisuutta puolustuksellisesta näkökulmasta. Emissioiden hallinta (ulkomaisissa lähteissä kokonaisuudesta käytetään usein käsitettä emissiokontrolli; EMCON, Emission Control) on tiivistettynä omien järjestelmien toiminnallisten ja tahattomien sähkömagneettisten emissioiden optimoimista huomioiden vastustajan mahdollisuudet vastatoimiin havaita, analysoida, luokitella, tunnistaa, yksilöidä ja paikantaa omia järjestelmiämme. Varsinaista suojautumista voidaan tehostaa välillisin keinoin esimerkiksi kyllästämällä vastustajan tiedustelu- ja valvontakyky suurella informaatiomäärällä sekä erilaisin harhauttavien toimenpitein. Taajuushallinnalla jaetaan käytettävissä olevat taajuudet eri järjestelmien kesken ja valvotaan sähkömagneettisen spektrin käyttöä. Emissiokontrolli perustuu muun muassa operaatioturvallisuuden vaatimuksiin sisältäen sähkömagneettisen spektrin käytön suunnittelun, valvonnan ja ohjaamisen eri joukkojen operatiiviseen toimintaan liittyen. Emissionhallinnalla on kyettävä kontrolloimaan erilaisia tietoliikenneatkaisuja, aktiivisia sensoreita, kuten tutkia ja lasertutkia, sekä passiivisia sensoreita. Vastustajan spektrin käyttöä ei voida täysin estää, mutta se on mahdollista alueellisesti ja ajallisesti rajattuna vain tietyille taajuuksille. Hyökikäyksellisinä toimenpiteinä voidaan käyttää elektronista häirintää ja lamauttamista sekä fyysistä tulenkäyttöä vastustajan elektronisia järjestelmiä vastaan.^{14 15}

Verkostopuolustuksen muodostamalla kokonaisuudella tarkoitetaan laajemmin ymmärrettyä kokonaisuuspuolustuksen, alueellisen taistelun ja tehtävätaktiikan toteuttamista yhteiskäyttöisiä tietoja ja tietoverkkoja hyödyntäen.¹⁶ Tällä mahdollistetaan käytettävissä olevan osaamisen ja muiden saatavien resurssien tehokas hyödyntäminen, mikä edellyttää muun muassa toimintatapamallien sekä organisaatorakenteiden ja -kulttuurien uudelleen tarkastelua avoimin mielin.¹⁷ Informaatioteknologi-

14 Kari et al: STAE 2025, osa 2, ss. 89 ja 95.

15 AJP-01B, ss. 187 ja 224.

16 Verkostopuolustuksen kehittämiskeskus (VPPK)– projekti. Pääesikunnan Operatiivisen osaston projektiehdotus. 16.6.2009 Helsinki. Aineisto kirjoittajien hallussa.

17 Siilasmaa, Risto: Kyläidentiteetistä sosiaaliin verkostoihin ja verkostopuolustukseen. F-Securen edustajan esitys Puolustusvoimat globalisoituvassa Suomessa -seminaarissa 14.1.2009. Aineisto kirjoittajien hallussa.

an kehityksellä mahdollistetaan emissionhallinta verkostopuolustukseen perustuvassa, verkostokeskeisessä (Network Centric Warfare, NCW) tai verkostoavusteisessa (Network Enabled Warfare, NED) sodankäynnissä. Käsitteet vaihtelevat lähteestä riippuen, sillä eri valtiot ja niiden sotilasorganisaatiot käsittelevät aihepiiriä vaihtelevista näkökulmista painottaen eri asioita. Sotateknisestä näkökulmasta verkostopuolustuksella, verkostokeskeisellä ja verkostoavusteisella sodankäynnillä viitataan toiminnalliseen konseptiin, joka perustuu integroituun, tehokkaaseen ja laaja-alaiseen tiedon hankinta-, analysointi ja -keruujärjestelmään, modulaarisiin suorituskykyisiin joukkoihin, kansainväliseen yhteensopivuuteen sekä kehittyneeseen johtamisjärjestelmään.^{18 19 20}

Emissionhallinnan kokonaiskonseptin suunnittelussa on kyettävä huomioidaan ylätasolta alkaen kaikki puolustusvoimien suorituskyvyt, sillä emissiot liittyvät niihin jokaiseen. Maailmalla on olemassa lukuisia esimerkkejä sekä eri suorituskykyjen kehitysvaiheen testeistä että operointivaiheen käytöstä, jolloin yhden, esimerkiksi viestijärjestelmän käyttö onkin häirinyt olennaisesti muiden järjestelmien käyttöä tai estänyt sen kokonaan edesauttaen vastustajan hyökkäysmahdollisuuksia.²¹ On ollut myös päinvastaisia vaaratilanteita, jossa toinen järjestelmä on jopa aktivoinut ennen aikaisesti oman vaikuttamisjärjestelmän aiheuttaen omia tappioita²². Puolustusvoimien kokonaissuorituskyky muodostuu maa-, meri- ja ilmapuolustuksen suorituskyvyistä sekä puolustusvoimien yhteisistä suorituskyvyistä, jotka on kyettävä integroimaan yhteisvaikutukseen vaadittavan tehon optimoimiseksi halutulle operaatioalueelle. Yhteiset suorituskyvyt sisältävät puolustushaarojen suorituskykyjä jakautuen julkisuudessa tarkennetuin perusteluin puolustusvoimien yhteisten kehittämisohjelmien näkökulmasta 1) tiedusteluksi, valvonnaksi ja maalittamisen tueksi (PVTVM), 2) johtamiseksi (PVJOHT), 3) vaikuttamiseksi (PVVA) ja 4) logistiikaksi (PVLOG).²³ Jotta yhteisoperaatioihin vaadittava suorituskyky on käytettävissä toimi-

18 Puolustusministeriön tulevaisuuskatsaus. Puolustusministeriö. http://www.defmin.fi/files/693/Tulevaisuuskatsaus_PLM.pdf [Verkkójulkaisu], viitattu 26.9.2008.

19 Kari, Mikko & Hakala, Arto & Pääkkönen, Elisa & Pitkänen, Markku (toim.): Sotatekninen arvio ja ennuste 2025– STAE 2025, osa 1, Teknologian kehitys. Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 14. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN 978-951-25-1888-3.

20 Kari et al: STAE 2025, osa 2.

21 Kosola, Jyri & Jokinen Janne, s. 104.

22 Lucchese, Mario & Golliday, Leslie & Joglekar, Anil: Operational Evaluation of Electromagnetic Environmental Effects (E3). New DOT&E Policy Calls for More Systematic Assessment of E3. Program Manager Magazine, 3/2000. <http://www1.dau.mil/pubscats/PubsCats/PM/articles00/lucm-j.pdf> [Verkkójulkaisu], viitattu 30.7.2009.

23 Vrt: Taskutietoa maanpuolustuksesta. Pääesikunnan viestintäosaston julkaisu. Toinen korjattu painos. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN 978- 951- 25 -1789- 3, ss 10– 29. http://www.mil.fi/perustietoa/julkai-sut/taskutieto/pdf/taskutietoa08_fi.pdf, viitattu 5.8.2009. Julkisista ja luokitelluista lähteistä riippuen nimeämisessä on esiintynyt pieniä eroja.

vana kokonaisuutena, osakokonaisuuksien integrointi on huomioitava jo suunnitteluvaiheesta alkaen.²⁴

Tulevaisuudessa tiedustelu, valvonta ja johtaminen sekä tilannekuva muodostuvat enenevässä määrin kaikille osapuolille kriittiseksi vaatimukseksi, jotta erilaisilla operaatioilla on onnistumisedellytykset. Yhteisen tilannekuvan on jatkossa mahdollistettava entistä tehokkaammin eri suorituskykyjen käyttö ja liikkeen koordinointi. Tämä koskee erityisesti useampia puolustushaaroja ja toimialoja käsittäviä yhteisoperaatioita, jolloin emissionhallinta muodostuu keskeiseksi tekijäksi. Yksittäisistä EMCON-tasoista ja niiden hallinnasta on päästävä kohti verkostopuolustuksen joustavaa vaikuttavuutta loppuasetelmalähtöisesti. Käytännön toiminnassa tämä korostuu – ei vain emissioiden minimoimisena – vaan niiden optimaalisena hyödyntämisenä. Täten voidaan mahdollistaa tilannetietoisuuden laajentuminen kohti JOINT-verkostopuolustusta.

Nykypäivän informaatio (Information Warfare, IW)- ja verkostokeskeisessä sodankäyntiajattelussa kaiken toiminnan lähtökohtana voidaan pitää vastustajan voimanlähteen tunnistamista ja siihen vaikuttamista sekä oman voimanlähteen suojaamista. Voimanlähteenä voidaan pitää oman informaatioyivoiman saavuttamista ja ylläpitoa samalla kiistäen tai heikentäen vastustajan saavuttamaa informaatiovirran tasoa. Informaation saavutettavuus liittyy operaatioturvallisuuteen sisältäen muun muassa tietojen luotettavuuden, oikeellisuuden tai aitouden, tavoitettavuuden sekä eheyden. Toisaalta korostetaan, että välillä hallitsemattomastikin saatavalla informaatiotulvalla, mukaan lukien elektronisen sodankäynnin (Electronic Warfare, EW) vaikutusmahdollisuudet, voi olla myös kielteisiä vaikutuksia niiden lisätessä sodan kitkaa ja epävarmuustekijöitä. Integroidulla järjestelmien järjestelmällä (System of Systems, SoS)²⁵ voidaan kuitenkin parantaa johtamismahdollisuuksia.^{26 27 28}

Jotta emissioita kyetään hallitsemaan tällaisessa verkostopuolustukseen perustuvassa toimintaympäristössä, useiden toimintojen on perustuttava pääosin digitaaliseen, automatisoituun ja integroituun teknologiaan. Tämä asettaa vaatimuksia niin

24 Kenttäohjesääntö – Yleinen osa.

25 Kosola, Jyri & Solante, Tero: Digitaalinen taistelukenttä. Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen Julkaisusarja, Tutkimuksia, N:o 13, 2. painos. Edita Prima Oy, Helsinki 2003. ISBN 951-25-1449-4.

26 Smith, Edward A: Effects Based Operations. Applying network centric warfare in peace, crisis, and war. DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, Information Age Transformation Series. CCRP, November 2002. ISBN 1-893723-08-9. http://www.dodccrp.org/files/Smith_EBO.PDF [Verkkójulkaisu], viitattu 5.8.2009.

27 Smith, Edward A: Complexity, Networking, & Effects-Based Approaches To Operations. DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, The future of command and control. CCRP, July 2006. ISBN 1-893723-18-6. http://www.dodccrp.org/files/Smith_Complexity.pdf [Verkkójulkaisu], viitattu 5.8.2009.

28 Jormakka, Jorma: Voiton kaava ja johtamisjärjestelmä. Should we call it research? Maanpuolustuskorkeakoulun Sotatekniikan Laitos. Edita Prima Oy, Helsinki 2006. ISBN 951-25-1680-2.

olemassa olevan kuin tulevaisuuden teknologiankin suorituskyvyille, sen suunnittelulle esivalmisteluvaiheineen, rakentamiselle, ylläpidolle, käytölle kuin aikanaan elinjakson loppupuolella myös hallitulle luopumiselle. Teknologiakehityksessä on huomioitava ja omaksuttava luonnonmukaiset fysiikan lait ja matemaattiset perussäännöt, jotka ovat muuttumattomia. Kun puhutaan sotilasteknologiasta, on lisäksi otettava huomioon vastustajan käyttämästä teknologiasta ja toiminnasta sekä sodankäyntiin liittyvistä muista tekijöistä aiheutuvat sodan epävarmuustekijät.²⁹

Sekä siviili- että sotilasteknologian edut ja haitat on kyettävä muokkaamaan omaksi hyödyksi ja oman suorituskyvyn vahventamiseksi sekä samalla vastustajan suorituskyvyn heikentämiseksi. Olemassa olevia sovelluksia päivittämällä sekä luonnon lakien ja teknologioiden eri osa-alueita uudelleen yhdistelemällä voidaan kehittää entistä suorituskykyisempiä tai paremmin juuri tiettyyn tarkoitukseen soveltuvia järjestelmiä. On kyettävä määrittelemään perustellusti oletettua uhkaa vastaan vaadittava suorituskyky sekä konseptivaihtoehdot, joilla haluttua suorituskykyä lähdetään suunnittelemaan ja rakentamaan. Vaatimusmäärittelyssä on kyettävä tekemään päätöksiä, millaiset vaatimukset suorituskyvyn on ehdottomasti täytettävä ja mistä voidaan tarvittaessa tinkiä, sillä teknologian kehittyessä jatkuvasti kaikkea ei voida saavuttaa.

Sotateknologian kehityksen voidaan katsoa olevan pääsääntöisesti myönteistä avaten mahdollisuuksia myös uusille innovaatioille, mikä tarjoaa entistä monipuolisempia keinovalikoimia sodankäynnille. Samalla turvallisuusriskit kasvavat ja puolustusjärjestelmien haavoittuvuus lisääntyy.^{30 31 32} Uudet tai päivitettyt teknologiat eivät kuitenkaan yksin korvaa kaikkia perinteisen sodankäynnin osatekijöitä, vaan täydentävät niitä samalla, kun jo olemassa olevia järjestelmiä modernisoidaan ja osasta valmistaudutaan luopumaan. Nyky- ja tulevaisuuden järjestelmäsuunnittelussa on hyödynnettävä edellä kuvatun joustavan vaatimustenhallinnan periaatteita, jolloin vaatimustiedon hallinnassa on pyrittävä ottamaan huomioon lukuisia teknisiä, yksityiskohtaisia ratkaisuja sekä niihin liittyviä rajoitteita, mahdollisuuksia, riskejä ja seurannaisvaikutuksia eri suorituskykyjen välillä. Jotta tällainen toiminta olisi mahdollista, suorituskykyjen suunnittelijoiden olisi voitava hyödyntää yhteiskäyttöistä vaatimustietopankkia. Esimerkkejä tällaisen tietopankin sisältämistä vaatimustiedoista esitetään taulukossa 1. Näkökulmasta riippuen mahdollisuudet ja rajoitteet voidaan nähdä toistensa vastakohtina, joten niiden jaottelu on osin tilanneriippuvainen. Taulukossa esitetyt mahdollisuudet on ymmärrettävä yksittäisinä teknisinä ominaisuuks-

29 Ahvenainen.

30 Puolustusministeriön tulevaisuuskatsaus.

31 Kari et al: STAE 2025, osa 1.

32 Kari et al: STAE 2025, osa 2.

sina, joita soveltamalla ja yhdistämällä kokonaiskonseptin toteutus onnistuu ilman, että yksittäiset suorituskyvyt kärsivät toistensa päällekkäisistä ominaisuuksista. Tiedot ovat käyttökelpoisia kaikkien suorituskykyjen– ei ainoastaan emissionhallinnan suorituskyvyn kehittämiseen.

MAHDOLLISUUDET	RAJOITTEET
Passiivisuus vs. aktiivisuus Robustisuus Modulaarisuus Käytettävän taajuusalueen valinta Minimi- ja maksimikantaman edut ja haitat Kaistanleveyden kasvattaminen Signaali-kohinasuhde Virheilmaisukyky- ja herkkyys sekä ilmaisukynnys Keilan tai kuvauskulman leveys tai kapeus Valaistusvoimakkuuden tai suurennoksen säätely	Laitteiden ja niiden avulla saatavien tietojen käytettävyys Luotettavuus Kestävyys Käsiteltävyys Havaitsemisherkkyys ja dynamiikka Mittaustarkkuus Etäisyys-, nopeus- ja kulmaerottelukyky eli –resoluutio Haku- ja tiedon prosessointinopeus Tarkkailtava peitto yhdellä mittaus- tai pyyhkäisykerralla tai aikayksikössä Mitattavan kohteen ja ympäristön lämpö- ja värikontrastierot
RISKIT	SEURANNAISVAIKUTUKSET
Huollettavuus Päivitettävyys teknologian kehittyessä tuotteen elinjakson aikana Korvattavuus Kustannustehokkuus	Järjestelmien yhteensopivuus ja integrointi muihin järjestelmiin Muiden viranomaisten sekä siviilitoimialojen tarpeet alkaen jo normaalioloista Häiveteknisten ja elektroniseen sodankäyntiin liittyvien teknisten ratkaisujen vaikutukset muihin järjestelmiin

Taulukko. Esimerkki vaatimustietopankin sisällöstä.^{33 34 35 36 37 38 39 40}

Vaatimustietopankkiin tallennettavilla tiedoilla pyritään ennakoimaan ja helpottamaan eri suorituskykyjen ja niiden toteutusperiaatteiden välillä vaikuttavien ristiriitaisuuksien tai päällekkäisyyksien poistamista suunnittelussa sekä edesauttamaan seurannaisvaikutuksien huomioimista muihin suorituskykyihin. Tällöin on mahdollisuus saavuttaa halutut vaatimukset kokonaisuuden kannalta kustannustehokkaam-

33 STAE 2020, osa 1. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1532-6.

34 STAE 2020, osa 2. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1533-4.

35 Kari et al: STAE 2025, osa 1.

36 Kari et al: STAE 2025, osa 2.

37 Kosola, Jyri & Solante, Tero.

38 Klemola, Olli & Lehto, Arto: Tutkatekniikka. Otatiето 585, 2. painos. Helsinki 1999.

39 Räsänen, Antti & Lehto, Arto: Radiotekniikan perusteet. Otatiето 885, 11. painos. Helsinki 2003.

40 Kakkola, Timo: Valonvahvistimet ja lämpökamerat. Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen Julkaisusarja 3, Työpapereita, Tekniikan asiatietoa N:o 6/2001. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki 2001. ISBN 951-25-1216-5.

min verrattuna siihen, että jokaista suorituskykyä varten toteutetaan uudelleen vastaavanlaiseen vaatimusmäärittelyyn liittyvää tutkimusta ja kehitysprojekteja. Näiden tulokset olisi saatavissa jo aikaisemmin toteutetuista hankkeista, mutta niiden tuloksia ei kuitenkaan välttämättä tiedetä laajemmassa mittakaavassa. Yksittäiset riskit on edelleen koottava hankkeittain sinällään toimivalla ja käyttökelpoisella riskienhallintasuunnitelmalla sisältäen kyseiseen hankkeeseen liittyvän riskianalyysin ja korjaustoimenpiteet. Esimerkkitaulukossa robustisuudella tarkoitetaan sitä, että järjestelmä on vakaa ja häiriösietoinen eikä ole herkkä erilaisten parametrien tai olosuhteiden muutoksille. Dynamiikalla tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin pystytään seuraamaan samanaikaisesti heikkoja ja voimakkaita signaaleja. Etäisyserottelukyvillä tarkoitetaan pienintä etäisyyttä, joka kahdella samassa suunnassa olevalla maalilla on oltava, jotta ne voidaan erottaa eri maaleiksi. Kulmaerottelukyvillä taas tarkoitetaan maalien välistä etäisyyttä, joka kahdella sensorista samalla etäisyydellä olevalla maalilla on oltava, jotta ne voidaan erottaa toisistaan.

Jotta loppukäyttäjän tarve ja käytettävissä olevat resurssit kohtaavat, nykyaikaisissa sensori-, viesti- ja tiedonsiirto- sekä tiedon käsittely- ja analysointijärjestelmissä keskeiseksi tarkastelukohteeksi nousee kaupallisen teknologian eli niin sanottujen COTS-tuotteiden (Commercial Off The Shelf) vertailu erityisesti vain sotilaskäyttöön ruggeroituihin järjestelmiin ja sovelluksiin. Jälkimmäisten hinta on tyypillisesti moninkertainen verrattuna suoraan kaupan hyllystä saataviin tuotteisiin. Sotateknisestä näkökulmasta kyseeseen tulevat toteutusmahdollisuudet liittyvät täten siviili- ja sotilasteknologian välisiin rajapintoihin sekä rahaan, joka lopulta ratkaisee. Tulevaisuudessa onkin odotettavissa, että monet sotilassovellusten käyttämät standardit ja muut yleisiin käyttöperiaatteisiin liittyvät formaatit ovat siinä määrin yhteensopivia, että yleiskäyttöisillä siviilituotteilla voidaan korvata entistä useammat, yksittäiseen sotilaskäyttöön valmistetut tuotteet.^{41 42 43 44 45}

Suorituskykyvaatimusten kokonaisuuteen nähden häiveteknisten ja elektroniiseen sodankäyntiin liittyvien teknisten ratkaisujen määrällinen ja laadullinen vaatimustaso tulee tulevaisuudessa suhteellisesti kasvamaan. Tämä korostuu käyttäjän vaatimusten näkökulmasta erityisesti laadittaessa taktisia ja järjestelmävaatimuksia. Emissionhallinnan suunnittelussa on täten huomioitava mahdollisuudet soveltaa jo

41 STAE 2020, osa 1.

42 STAE 2020, osa 2.

43 Kari et al: STAE 2025, osa 1.

44 Kari et al: STAE 2025, osa 2.

45 Pasivirta, Pasi: Teknisen kehityksen suuntalinjat, käänös FMV:n alkuperäistekstistä Tekniska Utvecklingstrender. Tekniikan laitoksen Julkaisusarja 4, Tekniikan asiatietoa, n:o 1. Edita Oyj, Helsinki 2002.

olemassa olevia sekä uusia materiaaleja ja rakenteellisia ratkaisuja sekä niiden käytettävyyttä ja sijoittelua eri aallonpituusalueiden sensoriteknologioita vastaan. Toisaalta sensoreita kehitetään oman havainnointikyvyn parantamiseen oletetun vastustajan vastaavia innovaatioita vastaan.^{46 47 48 49 50}

Emissionhallinnan kokonaiskonsepti 2030

Toiminnallinen konsepti vai operatiivinen konsepti?

Yleisesti käytettynä operatiivisen konseptin tavoitteena on kuvata tavoiteltava lopputulos muodostamalla viitekehys asiakokonaisuuden, esimerkiksi hankkeen, kaikille osapuolille ja sidosryhmille ymmärrettävällä tavalla. Se ei siis ole varsinainen vaatimusdokumentti. Siinä kuvataan suorituskyvyn osatekijöistä muodostettavan järjestelmän tai järjestelmien järjestelmän rakenne ja käyttäjät sekä mihin ja millaisissa olosuhteissa suorituskyykyä on tarkoitus käyttää mukaan lukien tukeutuminen. Olosuhteiden ja niihin liittyvien reunaehtojen muodostama kokonaisuus voidaan esittää skenaariona, jotta laajempi kokonaisuus olisi helpompi hahmottaa. Tarvittaessa kuvaukset voidaan esittää eriteltynä osajärjestelmittäin. Lisäksi tukeutuminen voidaan kuvata myös omana konseptinaan. Myös operatiivisen suunnittelun FIN-GOP-prosessista tutulla periaatteella operatiivisella konseptilla pyritään vastaamaan kysymyksiin kuka, mitä, missä, milloin, miksi ja miten asettamatta kuitenkaan vielä valmiita ratkaisumalleja tai rajoituksia toteutuksen suunnittelulle.^{51 52} Täten mahdollistetaan jatkotyöskentelyn kannalta olennainen jäljitettävyyys operatiivisiin suorituskyykyvaatimuksiin sekä voidaan tunnistaa jo aikaisessa vaiheessa mahdollisia vaatimusten muutostenhallintaan vaikuttavia tekijöitä, joita voi olla hankalampi huomioida vaatimusmäärittelyn edetessä yksityiskohtaisemmalle järjestelmätasolle ja teknisten spesifikaatioiden laatimiseen.

Puolustusvoimien ohjeistuksen mukaisesti operatiivisessa konseptissa olisi käsi-

46 STAE 2020, osa 1.

47 STAE 2020, osa 2.

48 Kari et al: STAE 2025, osa 1.

49 Kari et al: STAE 2025, osa 2.

50 Pasivirta.

51 Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri.

52 PESTALOS PAK 03:05 vrt. PEMATOS PAK 08:06.

teltävä ainakin seuraavia asiakokonaisuuksia^{53 54 55}:

- suorituskkytavoitteet perusteluineen
- järjestelmän yleinen käyttöfilosofia
- operatiivisen järjestelmän erityispiirteet
- käyttöympäristön asettamat reunaehdot ja rajoitukset
- asiaankuuluvat hankinta-, toimittaja- ja kehittäjäorganisaatiot sekä noudatettavat ohjeet
- järjestelmän ulkoiset rajapinnat ja sidosjärjestelmät
- ulkoiset vaatimukset, esimerkiksi tarvittavat yhteensopivuusmuutokset jo käytössä oleviin järjestelmiin
- käyttäjä- ja huolto-organisaatioiden kuvaus.

Jotta operatiivinen konsepti tukee taktisten ja järjestelmävaatimusten määrittämisestä sekä teknisten spesifikaatioiden laadintaa myös teollisuuden suunnittelun näkökulmasta mahdollisimman yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi, on laadittava tehtäväprofiili (mission profile) kuvaamaan elinjaksoajattelun näkökulmasta sellaisia vaiheita, joilla on olennaista merkitystä järjestelmän toiminnallisten ja käytettävyyksvaatimusten asettamisessa sekä teknisessä spesifioinnissa. Tämäkään ei siis ole varsinainen vaatimusdokumentti. Tehtäväprofiili ohjeistetaan laadittavaksi esimerkiksi järjestelmävaatimusten laatimisen yhteydessä.^{56 57 58} Voisi kuitenkin olla järkevämpää kuvata tehtäväprofiili jo konseptivaihtoehtoja laadittaessa. Näin voidaan ottaa jo suunnittelun alkuvaiheessa huomioon nimenomaan sellaiset sidosryhmät, joille kyseiseen suorituskkyyn liittyvät asiakokonaisuudet eivät välttämättä ole kovin tuttuja. Tällainen voisi tulla kyseeseen esimerkiksi tilanteessa, jossa teollisuuden asiantuntijuus pyritään ottamaan IPT-hengessä mukaan jo mahdollisimman aikaisessa suunnittelun vaiheessa.

Kansainvälisessä tarkastelussa konseptivaihtoehtoihin liittyvästä laatimis- ja arviointiprosessista käytetään termiä CD&E (Concept Development and Experimentation tai Evaluation; lähteestä riippuen painotuksessa käytetään erilaisia vaihtoehtoja)⁵⁹

53 Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri.

54 Kosola.

55 PESTALOS PAK 03:05 vrt. PEMATOS PAK 08:06.

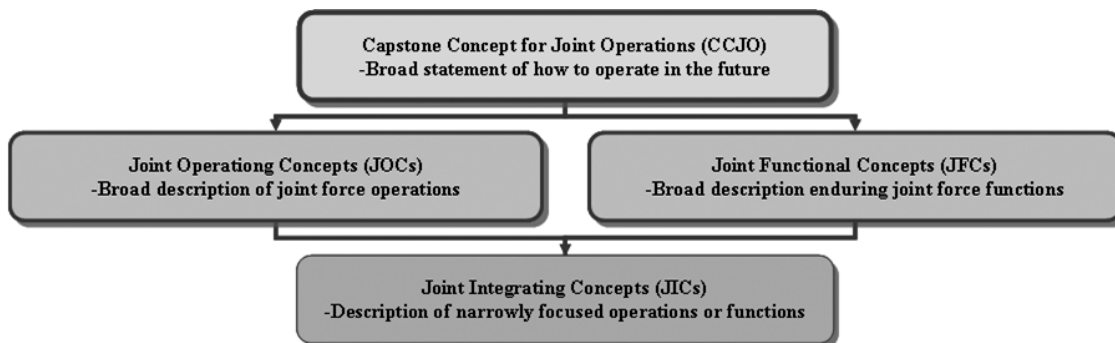
56 Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri.

57 Kosola.

58 PESTALOS PAK 03:05 vrt. PEMATOS PAK 08:06.

59 Davis, Richard: Concept development and experimentation. Defence Systems Analysis Division, Military Systems Experimentation Branch. Aineisto kirjoittajien hallussa.

⁶⁰ ⁶¹. Tämä prosessi etenee teoreettisesti tarkasteltuna pääosin yhtenevällä tavalla Suomen puolustusvoimissa kuvatun ohjeistuksen kanssa sisältäen samankaltaisia elementtejä⁶² ⁶³ ⁶⁴. Tällä hetkellä käytössä olevassa prosessissa on myös paljon yhtäläisyyksiä Yhdysvaltojen puolustusministeriön alaisten konseptien laatimiseen ja arviointiin liittyvien prosessien kanssa, vaikka useampien eri tasojen konseptien ja niihin liittyvien prosessien kuvauksissa esiintyykin eroavaisuuksia. Käytännössä niitä on löydettävissä nimenomaan menetelmistä organisaatioiden välillä riippuen niiden lähtökohdista ja päämääristä. Tämä johtuu asioiden erilaisista mittasuhteista johtuen muun muassa organisaatorakenteissa, toimintatavoissa ja tehtävien laajuudessa sekä organisaatiokulttuureissa ilmenevistä eroista. Kuvassa 5 esitetään esimerkki Yhdysvalloissa käytettävästä konseptihierarkiasta vertailukohdaksi Suomen puolustusvoimissa käytettävälle yhteisoperaatioihin liittyvän JOINT-tason operatiivisen konseptin kuvaukselle.



Kuva 5. Esimerkki yhteisoperaatioihin liittyvistä konsepteista.⁶⁵ ⁶⁶

Ohjaus niin sanottujen kattotason konseptien laatimiseksi saadaan puolustusjärjestelmälle pitkällä aikavälillä asetetuista tehtävistä sekä tavoitetilasta, joka osaltaan

⁶⁰ Tyler, Robert R: ACT CD&E Process. Allied Command Transformation, Evidence Based Research, Inc. Concept Development and Experimentation Course 2007. Aineisto kirjoittajien hallussa.

⁶¹ Hazen, Mark G. & Graham, Al & Shurson, Al: Maritime Concept Development and Experimentation (CD&E): Options for Implementation. Technical Report TR 2003-066. Defence Research and Development Canada– Atlantic 2004. Aineisto kirjoittajien hallussa.

⁶² Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri.

⁶³ Kosola.

⁶⁴ PESTALOS PAK 03:05 vrt. PEMATOS PAK 08:06.

⁶⁵ Capabilities-Based Assessment (CBA), User's Guide, Version 2. Joint Chiefs of Staff, Force Structure, Resources, and Assessments Directorate (JCS J-), December 2006. http://www.dtic.mil/futurejointwarfare/strategic/cba_guidev2.pdf [Verkojulkaisu], viitattu 5.8.2009.

⁶⁶ Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction. Joint operations concepts development process (JOpsC-DP), CJCSI 3010.02B. Joint Chiefs of Staff, J-7, 27 January 2006. http://www.dtic.mil/cjcs_directives/cdata/unlimit/3170_01.pdf [Verkojulkaisu], viitattu 5.8.2009.

sisältyy puolustuspoliittiseen selontekoon. Ylätason konseptiksi ymmärretään kaikkia puolustusvoimien yhteisiä sekä puolustushaarojen kehittämisohjelmia ohjaava konsepti. Näiden ylätason konseptien ja operatiivisten konseptien käsitteellinen ero muodostuu konseptin rakenteesta. Ylätason konseptissa rakenteella tarkoitetaan yleistä menettelytapamallia. Vastaavasti operatiivisessa konseptissa rakenne on usein järjestelmäarkkitehtuurin kuvaus. Ylätason konsepteja ei siten voida tuottaa samalla muotilla kuin suorituskyvyn rakentamiseen ja käyttöön tähtäviä operatiivisia konsepteja. Yhtenevyys kuitenkin löytyy tarpeesta kuvata toimijat, roolit ja niiden välinen informaation vaihto.

Aiemmin mainittu CD&E-prosessi on skaalautuvampi ja soveltuu siksi myös laajalaisempien konseptien muodostamiseen. Esimerkeissä eri maista, joissa CD&E-prosessia sovelletaan, on havaittavissa suuria poikkeavuuksia siinä, mitä puolustusjärjestelmätason konseptiin sisällytetään. Yhdistelmänä muun muassa Kanadan, Norjan ja Allied Command Transformationin malleista voidaan kuvata toiminnallinen kokonaisuus, jossa määritellään tavoitetila- rakenne johon konseptilla pyritään. Toisin sanoen kuvaillaan lopputulos, mitä konseptin mukainen menettely mahdollistaa ja mitä seikkoja on otettava huomioon konseptin toimivuuden takaamiseksi. Konsepti sisältää kuvauksen niistä rooleista ja toimijoista, jotka mahdollistavat konseptin mukaisen toiminnan. Myös näiden tahojen väliset yhteydet ja siirtyvä informaatio voidaan kuvata mahdollisimman suurella tarkkuudella, jolloin ohjataan vielä konseptivaiheessa puuttuvaa verkottumista eri toimijoiden välillä. Yhdysvaltojen JFC:n (Joint Functional Concept) sisällöstä löytyy myös vastaavat elementit tuoden lisäksi käsittelyyn seurannaisvaikutusten kuvauksen.

Yhtäläisyyksiä joustavan vaatimustenhallinnan ja konseptimallien välillä löytyy useita. Näin ollen mallia voidaan käyttää ylätason konseptien aihiona sitomatta sitä kuitenkaan suoraan yksittäiseen suorituskykyyn. Joustava vaatimustenhallinta on josinällään konsepti, jolla osoitetaan, miten vaatimustenhallinta toteutetaan tulevaisuudessa.

Puolustusvoimien emissionhallinta 2030

Yhdysvaltojen asevoimien määritelmän mukaan elektromagneettisen spektrin käytön hallinta käsittää suunnittelun, koordinoinnin ja johtamisen pohjautuen operatiivisten, teknisten ja hallinnollisten ratkaisujen kokonaisuuteen. Tavoitetilassa kaikki elektroniset järjestelmät ovat käytettävissä täysimääräisesti tuottamatta ei-tarkoituk-

senmukaisia emissioita sekä kärsimättä ulkopuolisista emissioista.⁶⁷

Emissioiden hallinta on merkittävin osa spektrin käytön hallintaa, jolloin kokonaiskonseptin tavoitetilaksi voidaan muotoilla täysimääräinen käytettävyyys ilman ei-tarkoituksenmukaisia emissioita. Työkalut tavoitteen saavuttamiseksi ovat koko spektrinhallinnan kanssa vastaavat.

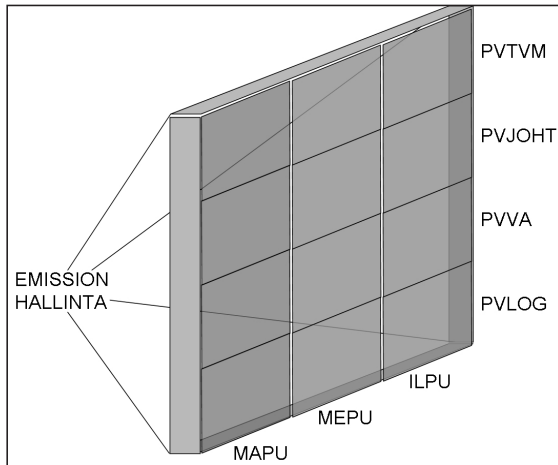
Nykyisellään ja vielä lähitulevaisuudessa puolustusjärjestelmät hyödyntävät usean eri järjestelmäsukupolven laitteita. Täten konseptin on vastattava haasteeseen uusien vaatimusten yhteensovittamisesta vanhojen suorituskykyjen kanssa, joista ei luovuta. Toisin sanoen, uusi suorituskyky ei korvaa kyseistä vanhaa kykyä. Järjestelmätason kuvitteellisena esimerkkinä tämä voisi tarkoittaa sitä, että on kyettävä suunnitelmallisesti hallitsemaan, etteivät asejärjestelmätutkan uudet aaltomuodot tee vanhoja herätesyöttimiä käyttökelvottomiksi. Uutta teknologiaa hyödynnettäessä kokonaisvaikutus käyttöönoton seurannaisvaikutuksineen on siis kyettävä huomiomaan hyvin aikaisessa vaiheessa.

Emissionhallinnan kokonaisuus ei ole, kuten usein virheellisesti ymmärretään, omien hyötylähetteiden käytön rajoittamista vastustajan signaalitiedustelun ja elektronisen tuen väistämiseksi. Taktiselta ja taistelutekniseltä tasolta tarkasteltuna emissionhallinnan suunnittelu on matriisien laatimista siitä, miten ajallisesti ja alueellisesti kyetään käyttämään eri ase-, johtamis-, paikannus- ja ELSO-järjestelmiä parhaalla mahdollisella tavalla joukon taktisen tehtävän toteuttamiseksi. Taktisen tasan konsepti on siten kaikki puolustushaarat kattavan suunnitelman noudattaminen (Emissionhallintasuunnitelma, *EMCON PLAN*) sisältäen vaikutusten huomioimisen, mikäli suunnitelmasta joudutaan poikkeamaan.

Joukkojen ja järjestelmien käytön suunnittelun taktisella tasalla konseptilla on selkeät rajaukset. Hallittavat lähetteet ja niihin liittyvä järjestelmäkirjo on omien joukkojen osalta rajattu. Vastustajan ja mahdollisen neutraalin osapuolen sensorit sekä lähetteet ovat pääosin tiedossa. Suunnittelun ajallinen kattavuus on vain viikkoja. Suunnittelun ollessa jatkuvaa ja lyhytviiveistä mahdollistetaan myös konseptin kehittäminen vastaamaan kulloistakin operaatiota. Nämä rajaukset ja mahdollisuudet eivät päde maanpuolustuksen emissionhallinnan kokonaisuutta muodostettaessa.

Emissionhallinnan kokonaisuuden erityispiirre on sen kattavuus kaikkiin puolustusvoimien yhteisiin kehittämisohjelman (KEHO) alueisiin ja siten matriisissa myös puolustushaarojen kehittämisohjelmiin. Vaikka taajuushallinnan osalta tarvitaan organisaatio, joka ylläpitää yhteydet puolustusvoimien ulkopuolisiin tahoihin, ei

⁶⁷ Joint Publication 1-02 (JP 1-02). Department of Defence Dictionary of Military and Associated Terms. US Joint Chiefs of Staff. Washington, DC, 2009.



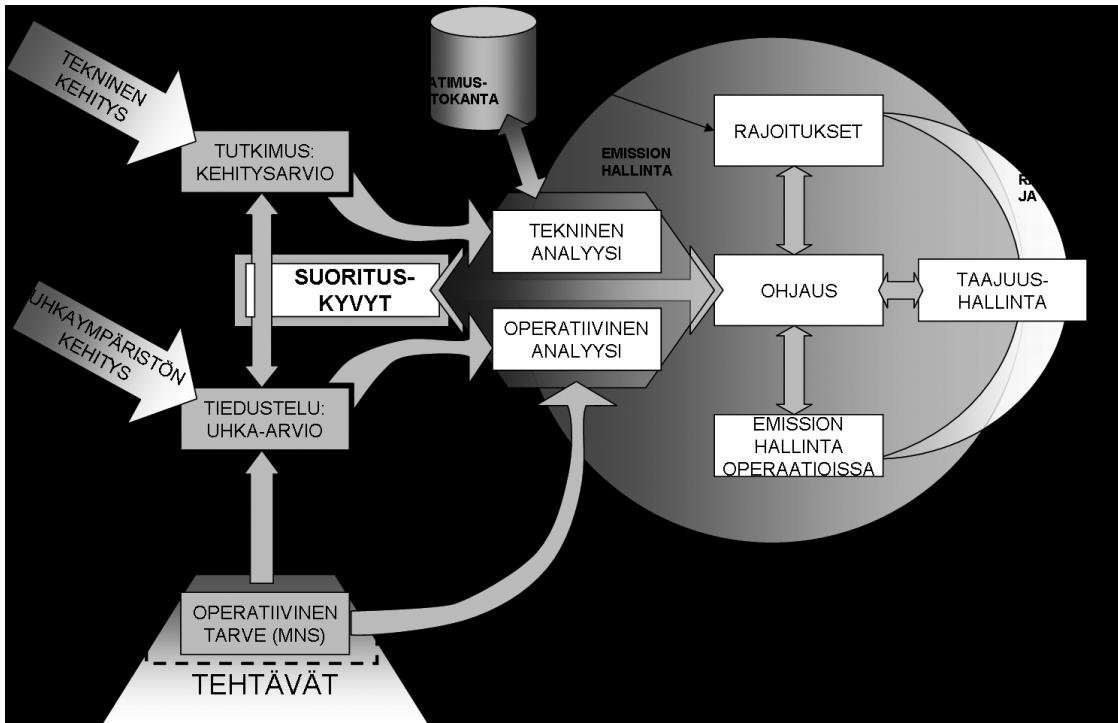
Kuva 6. Emissionhallinnan ulottuvuus kehittämishjelmamatriisissa.

emissionhallinnan kokonaisuutta ole tarkoituksenmukaista sitoa yhteen toimijaan. Konseptin kehittämistä johtava taho on luonnollisesti pitkän aikavälin suunnittelusta vastaava organisaation osa, vaikka syötteet kehittämiseen tulevat KEHO-matriisin kaikilta toimijoilta.

Verkostoajattelumallin ja sotilaallisena sovelluksena verkostopuolustuksen onnistumisen edellytyksenä on huomioida kaikki ne mahdollisuudet ja rajoitteet, joita suorituskykyjen yhteiskäyttö tuo mukanaan. Esimerkiksi puolustusvoimien logistiikan kehittämishjelman alaisissa kehittämishjelmissä tuotettavien suorituskykyjen suunnittelua ja rakentamista ohjataan yhteisten emissionhallinnan vaatimusten mukaisesti, jolloin kokonaiskonseptissa toteutuu linkittyminen kaikkiin kehittämisen osa-alueisiin. Samalla on mahdollista saada jopa taloudellisia etuja yksittäisen suorituskyvyn ratkaisujen monistamisesta koko matriisissa.

Kansallisesti pätevän konseptin ei ole mahdollista rajoittaa tarkastelemaan pelkästään olemassa olevia joukkoja tai järjestelmiä. Ajallinen ulottuvuus tulee olla vähintään kehittämishjelman pituinen. Tällöin konseptin tavoitteiden saavuttaminen on mahdollista. Holistinen lähestyminen voi johtaa siihen, että konseptista tulee laava yleiskuvaus joka mahdollistaa useita, toisistaan poikkeavia tulkintoja. Siksi konseptin tai pikemminkin konseptien implementoinnin hallinta on oltava osa suorituskykyjen suunnittelua.

Emissionhallinnan kokonaiskonseptin tavoitteena on taata sotilaallisen maanpuolustuksen elektromagneettista spektriä hyödyntävien toimintojen ja järjestelmien häiriötön toimivuus kaikissa valmiustiloissa. Kokonaiskonseptilla ohjataan suorituskykyjen suunnittelua, rakentamista sekä käyttöä (koordinoitua ja johtamista). Emissionhallinnan kokonaiskonsepti on sotilasoperatiivisen tason menettelymalli operatiivisille, teknisille ja hallinnollisille ratkaisuille. Kokonaiskonseptin toteutumista



Kuva 7. Emissionhallinnan kokonaiskonseptiajatus.

tukevat sille alisteiset, joukkojen toimintaa ohjaavat operaatioiden emissionhallinnan konseptit.

Konseptin ulkoisia syötteitä ovat tehtävät, joita ovat puolustusvoimien tehtävien lisäksi taktisen tasan johtoportaiden tehtävät: maa-, meri- ja ilmapuolustus sekä näiden kansainvälisen kriisinhallinnan ulottuvuus. Osan tästä muodostaa poliittinen ohjaus, esimerkiksi parlamentaariset päätökset jonkin suorituskykyalueen kehittämiseen panostamisesta keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Muita syötteitä ovat muun muassa tekninen kehitys, muutokset uhkaympäristössä sekä mahdolliset rajoitukset. Kansainvälisiin sopimuksiin perustuvat rajoitukset ja ohjaus eivät pääsääntöisesti edellytä analysointia, elleivät rajoitukset vaikuta joukon suorituskykyyn, esimerkiksi tiedonsiirtoon tai omasuojaan kriisinhallintatehtävässä.

Puolustussuunnittelua palvelevan teknisen tutkimuksen sekä sotilastiedustelun tuottamat arviot ovat pohjana sille tekniselle ja operatiiviselle analyysille, jota vasten olemassa olevien suorituskykyjen käyttökelpoisuutta arvioidaan asetettujen tehtävien täyttämiseksi. Tekninen kehitys voi mahdollistaa nykyisten suorituskykyjen vaikuttavuuden lisäämisen (bottom-up) sekä vastaamisen muuttuvan uhkaympäristön asettamiin haasteisiin. Uudet tekniset innovaatiot tuottavat myös täysin uusia suorituskykyjä (top-down), jotka korvaavat osin tai kokonaan jo olemassa olevia.

Arvioiden ja tuloksien vertaaminen olemassa olevien tai suunniteltujen suorituskykyjen kanssa toteutuu emissionhallinnan analyysissä. Teknisen tutkimuksen tulokset sekä uhka-arviot sisältävät jo itsessään analyysiä muutosten vaikutuksesta kansallisiin suorituskykyihin tai omien joukkojen sekä kaluston toimintaedellytyksiin. Pelkästään näiden tulosten yhdistämisellä mahdollistetaan alustava analyysi siitä, mihin kokonaisuuteen muutokset vaikuttavat. Analyysi on laaja kokonaisuus, jossa tarkastellaan yksinkertaistettuna, mitä saavutetaan muutoksiin reagoimisella, miten reagoidaan ja mitä tapahtuu, jos muutokseen ei reagoida. Esimerkiksi teknisen kehityksen hyödyntämisessä, jossa uudella teknologialla voidaan korvata vanhaa, tulee analysoitavaksi muun muassa saavutettava etu vastustajaan, käyttöönoton laajuus ja todellinen operatiivinen vaikuttavuus verrattuna nykyiseen sekä millä riskeillä päätöstä hyödyntämisestä voidaan siirtää tulevaisuuteen.

Olemassa olevien suorituskykyjen kattava dokumentointi (tietopankki) mahdollistaa kokonaisuuden hallinnan teknisen ja operatiivisen analyysin tueksi. Uutta ei voida rakentaa huomioimatta operatiivisessa käytössä olevia suorituskykyjä ja niihin kuuluvia järjestelmiä. Takaisinkytkennän analyysiin on oltava jatkuvaa, jolloin tilannekuvan ylläpitäminen voimassaolevista vaatimuksista on mahdollista.

Analyysin tulokset yhdessä huomioitavien rajoitusten kanssa mahdollistavat operatiivisen, teknisen ja hallinnollisen ohjauksen ja vaatimusten tuottamisen suorituskykyjen rakentamiseen kehittämishankkeissa, alisteisille toimintaa ohjaaville konsepteille sekä taajuushallinnan kokonaisuudelle. Ohjaus on emissionhallinnan tuote, joka mahdollistaa tavoitteen saavuttamisen tai pikemminkin tavoitetason ylläpitämisen.

Rajoitukset, taajuushallinta ja toiminnalliset konseptit ovat osa ohjausta sekä erillisiä toimintoja. Alisteisten, toiminnallisten konseptien (esimerkiksi ilmaoperaatioiden emissionhallinnan konseptin) merkitys on suuri jalkautettaessa kokonaiskonseptia suorituskykyjen operointivaiheeseen. Kansallisen konseptihierarkian mukaisesti ylätasen konseptien periaatteet periytyvät laajentuen toimiala- ja puolustushaarakohdaisilla tarkennuksilla toimintaa ohjaaviksi dokumenteiksi. Palaute puolustushaara-, toimiala- tai operaatiokohtaisista emissionhallintakonsepteista on välttämätöntä, jotta kaikkien toimijoiden sekä toimintaympäristöjen vaatimukset emissionhallinnan kokonaisuudelle tulee huomioitua. Yhteyden on oltava jatkuva, jotta muutosten ja revisioiden hallinta olisi mahdollista.

Taajuushallinta on osa emissionhallintaa. Siksi sen on oltava kiinteässä suhteessa konseptin mukaiseen menettelyyn. Suorituskyvyn suunnittelun ja rakentamisen kannalta taajuushallinta tuottaa vaatimuksia (rajoituksia) teknologisiin ratkaisuihin.

Uusien teknologiainnovaatioiden mahdollisuudet tuottavat myös ohjausta taajuushallinnalle (esimerkiksi aikajakoiset aaltomuodot). Vaikka taajuushallinnan ja rajoitusten välillä on usein yhteys, rajoitukset ovat emissionhallinnan kokonaisuudessa muutakin kuin taajuuksien käyttöä rajoittavia määräyksiä. Kansallisesti rajoitamme aktiivisten sensoreiden (muun muassa tutkien ja lasereiden) lähetysmoodien käyttöä, jotta säilytämme mahdollisuuden käyttää poikkeusoloissa (sodan aikana) ominaisuuksia, joihin vastustaja ei ole varautunut (*Wartime Reserve Modes, WARM*). Osana kansainvälisiä kriisinhallintajoukkoja sitoudumme noudattamaan rajoituksia oma-suojahäirintälähettimien käytössä (teknisesti ja toiminnallisesti)– myös kotimaassa. Kansainväliset sopimukset (muun muassa ITU-R) ohjaavat kansallisesti muodostettavia rajoituksia, jotka vaikuttavat koko yhteiskunnan emissionhallintaan.

Johtopäätökset

Yksi keskeisimmistä tulevaisuuden emissionhallinnan haasteista lienee puolustusvoimien kolmesta päätehtävästä johdettavat tilannekuvan muodostamisen, vaihtamisen ja hyödyntämisen yhteensopivuusvaatimukset kansallisessa ja kansainvälisessä toiminnassa. Nämä asiat ovat osittain ikuisuuskykymyksiä erityisesti johtamista tulevan viesti- ja tiedonsiirtoteknologian kehittyessä jatkuvasti. Siksi kokonaiskonseptia laadittaessa ja arvioitaessa olisi pyrittävä huomioimaan tulevaisuudessa nähtävissä olevat mahdollisuudet ja rajoitteet siten, että tekniset ratkaisut mahdollistavat yhteensopivuuden muiden järjestelmien kanssa joustavan kehityksen tien kautta ilman, että loppukäyttäjän näkökulmasta katsottuna suorituskyvyn peruskäytettävyyteen ja yhteensopivuuteen tarvitsisi tehdä merkittävästi vaikuttavia muutoksia. Tällöin kehittämisen pitäisi perustua kansainvälisesti käytettäviin standardeihin ja tarvittaviin rajapintamäärityksiin. Kokonaisuuden kannalta on olennaista, että suunnitteluketju muodostaisi jäljitettävän jatkumon tehtävätarpeesta aina järjestelmävaatimukseen saakka sekä ”top-down”- että ”bottom-up” -näkökulmasta mahdollistaen kontrolloidun ja johdonmukaisen muutoksenhallinnan.

Joustavan vaatimustenhallinnan toteuttamisella kyetään parantamaan päätöksentekoon tarvittavia perusteita, hyödyntämään olemassa olevien suorituskykyjen kehittämispotentiaaleja tehokkaammin, nopeuttamaan uusien suorituskykyjen käyttöön ottamista sekä vähentämään suorituskykyihin liittyvien tiedostamattomien vajeiden esiintymistä. Kysymys on kuitenkin periaatteellisista asioista, kuten tahtotilojen muuttamisesta ja resurssien suuntaamisesta. Nähdäänkö vaatimukset edelleen vain suppeasti yksittäisinä asiakkaan tahtotilan kuvauksina, vai kyetäänkö vaatimuksia

hyödyntämään jatkossa laajemmin kaikkien suorituskykyjen ylläpitämisen ja rakentamisen ohjaamiseen? Uudistusten toteuttaminen vaatii resursseja. Vaatimustiedon luominen, kokoaminen ja koottu tallentaminen vaatimustietokantaan on jo itsessään mittava työ, mutta sen toteuttaminen on välttämätöntä nykytilan selvittämiseksi sekä kokonaisuuden hallitsemiseksi. Kun vaatimukset suorituskyvyille ovat ristiriitaisia, puolustusjärjestelmän kokonaisuutta ei kyetä ylläpitämään hallitusti ja kustannustehokkaasti. Tässä yhteydessä emissionhallintaa voidaan pitää yhtenä keskeisimmistä syistä kehittää olemassa olevaa vaatimustenhallinnan kokonaiskonseptia.

Emissionhallinnan kaltaisia ylätasoinen toiminnallisia konsepteja tarvitaan tuotamaan ohjaus niihin menettelyihin, joiden mukaan suorituskykyjä rakennetaan ja käytetään. Konseptin toteutuessa suorituskykyjen suunnittelu, rakentaminen ja opeointi kytkeytyvät aiempaa paremmin toisiinsa. Operatiivisten joukkojen toimintaa kyetään tukemaan puolustushaarasta tai operaatioalueesta riippumatta emissionhallinnan kokonaisuudella. Menettelyn yhtenäisyys tukee myös joukkojen taisteluteknisen emissionhallinnan muodostamista. Toimivalla konseptilla saavutetaan myös resurssisäästöjä vaikutuksen ulottuessa suorituskykyjen esisuunnittelusta opeointivaiheeseen taistelukentälle.

Lähteet

- Ahvenainen, Sakari*: Sotilas- ja siviilitekniikan eroista – evoluutinen ja systeeminen tarkastelu. Tiede ja Ase 2007. Suomen sotatieteellisen seuran vuosijulkaisu n:o 65. Waasa Graphics, Vaasa 2007. ISBN 978-951-96314-4-8.
- Allied Joint Doctrine AJP-01(B)*. Glossary-7. NATO/Pfp Julkinen. Joulukuu 2002.
- Capabilities-Based Assessment (CBA), User's Guide, Version 2. Joint Chiefs of Staff, Force Structure, Resources, and Assessments Directorate (JCS J-), December 2006. http://www.dtic.mil/future-jointwarfare/strategic/cba_guidev2.pdf [Verkkójulkaisu], viitattu 5.8.2009.
- Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction*. Joint operations concepts development process (JOpsC-DP), CJCSI 3010.02B. Joint Chiefs of Staff, J-7, 27 January 2006. http://www.dtic.mil/cjcs_directives/cdata/unlimit/3170_01.pdf [Verkkójulkaisu], viitattu 5.8.2009.
- Davis, Richard*: Concept development and experimentation. Defence Systems Analysis Division, Military Systems Experimentation Branch. Aineisto kirjoittajien hallussa.
- Hazen, Mark G. & Graham, Al & Shurson, Al*: Maritime Concept Development and Experimentation (CD&E): Options for Implementation. Technical Report TR 2003-066. Defence Research and Development Canada – Atlantic 2004. Aineisto kirjoittajien hallussa.
- Heinonen, Jyrki*: VERKOSTOPUOLUSTUS – 2010 –luvun johtamisdoktriini. Ilmatorjuntaupseeri 3/2005. Ilmatorjuntaupseeriyhdistys ry. Taittotoimisto PrintOne, Helsinki 2005.
- Hyytiäinen, Mika*: Paikkatietoyliavoima digitaalisella taistelukentällä – Sotilaallisten maastoanalyysien metamalli. Maanpuolustuskorkeakoulun Taktiikan laitoksen Julkaisusarja 1, N:o 1/2003. Teknillinen korkeakoulu, Kartografian ja geoinformatiikan laboratorio. Edita Prima Oy, Helsinki 2003. ISBN 951-25-1404-4.
- Joint Publication 1-02 (JP 1-02)*. Department of Defence Dictionary of Military and Associated Terms. US Joint Chiefs of Staff. Washington, DC, 2009.
- Jormakka, Jorma*: Voiton kaava ja johtamisjärjestelmä. Should we call it research? Maanpuolustuskorkeakoulun Sotateknikan Laitos. Edita Prima Oy, Helsinki 2006. ISBN 951-25-1680-2.
- Kakkola, Timo*: Valonvahvistimet ja lämpökamerat. Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen

- Julkaisusarja 3, Työpapereita, Tekniikan asiantietoa N:o 6/2001. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki 2001. ISBN 951-25-1216-5.
- Kari, Mikko & Hakala, Arto & Pääkkönen, Elisa & Pitkänen, Markku* (toim.): Sotatekninen arvio ja ennuste 2025– STAE 2025, osa 1, Teknologian kehitys. Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 14. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN 978-951-25-1888-3.
- Kari, Mikko & Hakala, Arto & Pääkkönen, Elisa & Pitkänen, Markku* (toim.): Sotatekninen arvio ja ennuste 2025– STAE 2025, osa 2, Puolustusjärjestelmien kehitys. Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 15. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN 978-951-25-1890-6.
- Kauppinen, Marjo*: Introducing requirements engineering into product development: towards systematic user requirements definition, Doctoral Dissertation. TKK Dissertations 15. Helsinki University of Technology, Department of Computer Science and Engineering, Software Business and Engineering Institute, Espoo 2005.
- Kenttäohjesääntö– Yleinen osa*. Pääesikunta, Suunnitteluosasto. Ohjesääntönumero 202. Edita Prima Oy, Helsinki 2007. ISBN 978-951-25-1744-2.
- Klemola, Olli & Lehto, Arto*: Tutkatekniikka. Otatieto 585, 2. painos. Helsinki 1999.
- Korkiamäki, Ilkka*: Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäla muutoksessa– organisaatioiden, järjestelmien ja toimintatapojen rationalisointia. Viestimies 1/2007.
- Kosola, Jyri & Jokinen Janne*: Elektroninen sodankäynti, osa 1 – taistelun viides dimensio. Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen Julkaisusarja 5, N:o 2. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1554-7.
- Kosola, Jyri & Solante, Tero*: Digitaalinen taistelukenttä. Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen Julkaisusarja, Tutkimuksia, N:o 13, 2. painos. Edita Prima Oy, Helsinki 2003. ISBN 951-25-1449-4.
- Kosola, Jyri*: Suorituskyvyn elinjakson hallinta. Maanpuolustuskorkeakoulun Sotateknikan Laitoksen Julkaisusarja 5, Nro 7/2007. Edita Prima Oy, Helsinki 2007. ISBN 978-951-25-1816-6.
- Lucchese, Mario & Golliday, Leslie & Joglekar, Anil*: Operational Evaluation of Electromagnetic Environmental Effects (E3). New DOT&E Policy Calls for More Systematic Assessment of E3. Program Manager Magazine, 3/2000. <http://www1.dau.mil/pubscats/PubsCats/PM/articles00/luccm-j.pdf> [Verkkojulkaisu], viitattu 30.7.2009.
- Pasivirta, Pasi & Kosola, Jyri*: Vaatimustenhallinnan soveltaminen puolustusvoimissa. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1548-2.
- Pasivirta, Pasi*: Teknisen kehityksen suuntalinjat, käänös FMV:n alkuperäistekstistä Tekniska Utvecklingstrender. Tekniikan laitoksen Julkaisusarja 4, Tekniikan asiantietoa, n:o 1. Edita Oyj, Helsinki 2002.
- PESTALOS PAK 03:05*. Vaatimukset ja niiden hallinta puolustusvoimissa. Pääesikunta, sotatalousosasto. PVAH-tietokanta, tallennettu 10.11.2007; Ks. myös: PEMATOS PAK 08:06 Vaatimustenhallinta puolustusvoimissa. Pääesikunta, materiaaliosasto. PVAH-tietokanta, viitattu 5.8.2009.
- Puolustusministeriön tulevaisuuskatsaus*. Puolustusministeriö. http://www.defmin.fi/files/693/Tulevaisuuskatsaus_PLM.pdf [Verkkojulkaisu], viitattu 5.8.2009.
- Räsänen, Antti & Lehto, Arto*: Radiotekniikan perusteet. Otatieto 885, 11. painos. Helsinki 2003.
- Siilasmaa, Risto*: Kyläidentiteetistä sosiaalisiin verkostoihin ja verkostopuolustukseen. F-Securen edustajan esitys Puolustusvoimat globalisoituvassa Suomessa -seminaarissa 14.1.2009. Aineisto kirjoittajien hallussa.
- Smith, Edward A*: Effects Based Operations. Applying network centric warfare in peace, crisis, and war. DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, Information Age Transformation Series. CCRP, November 2002. ISBN 1-893723-08-9. http://www.dodccrp.org/files/Smith_EBO.PDF [Verkkojulkaisu], viitattu 5.8.2009.
- Smith, Edward A*: Complexity, Networking, & Effects-Based Approaches To Operations. DoD Command and Control Research Program. CCRP Publication Series, The future of command and control. CCRP, July 2006. ISBN 1-893723-18-6. http://www.dodccrp.org/files/Smith_Complexity.pdf [Verkkojulkaisu], viitattu 5.8.2009.
- STAE 2020, osa 1*. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1532-6.
- STAE 2020, osa 2*. Pääesikunta, Sotatalousosasto. Edita Prima Oy, Helsinki 2004. ISBN 951-25-1533-4.
- Taskutietoa maanpuolustuksesta*. Pääesikunnan viestintäosaston julkaisu. Toinen korjattu painos. Edita Prima Oy, Helsinki 2008. ISBN 978- 951- 25 -1789- 3. http://www.mil.fi/perustietoa/julkaisut/taskutieto/pdf/taskutietoa08_fi.pdf, viitattu 5.8.2009.
- Tyler, Robert R*: ACT CD&E Process. Allied Command Transformation, Evidence Based Research, Inc. Concept Development and Experimentation Course 2007. Aineisto kirjoittajien hallussa.
- Verkostopuolustuksen kehittämiskeskus (VPKK)– projekti*. Pääesikunnan Operatiivisen osaston projektiehdotus. 16.6.2009 Helsinki. Aineisto kirjoittajien hallussa.