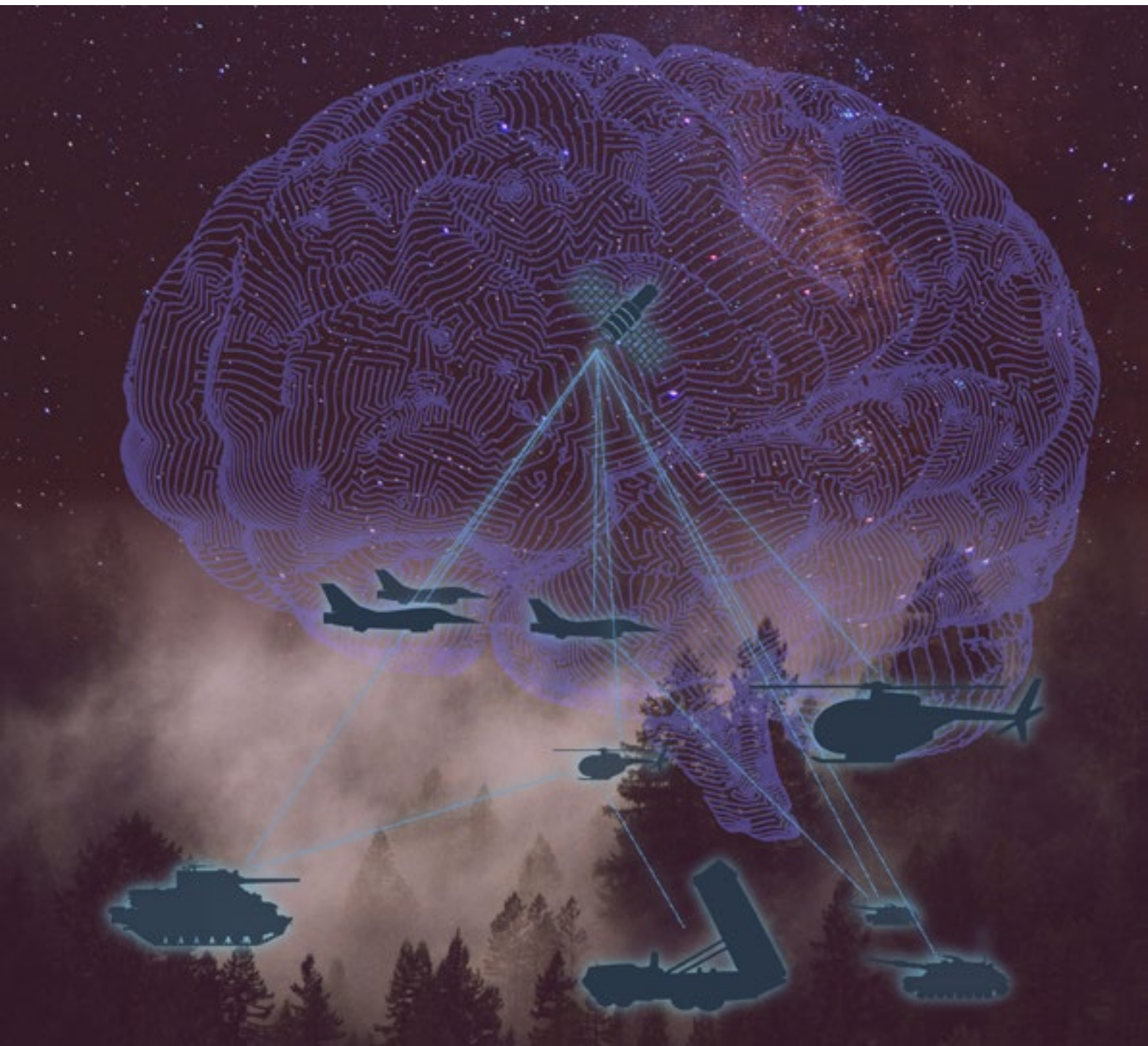




Puolustusvoimat

Puolustustutkimuksen **VUOSIKIRJA 2026**



PUOLUSTUSTUTKIMUKSEN VUOSIKIRJA 2026

PÄÄTOIMITTAJA Sami Sundström
TOIMITTAJA Johanna Suominen



PUOLUSTUSVOIMAT
RIIHIMÄKI 2026

TOIMITUSKUNTA:

Sami Sundström
Juhani Hämäläinen
Sami O. Järvinen
Timo Kaurila
Sirpa Korpela
Katri Laatikainen
Johanna Suominen
Janne Tähtinen
Kirsi Valkeapää

TAITTO, KANSI JA KUVANKÄSITTELY:

Johanna Suominen

KANNEN KUVAT:

Ivana Cajina/Unsplash
Kyle Glenn/Unsplash
Ibrandify/Freepik
Iuriimotov/Freepik
Macrovector/Freepik
Johanna Suominen

Tekoälyllä laadittujen kuvituskuvien tarkemmat tiedot kirjan lopussa olevalla lisätietosivulla.

ISBN 978-951-25-3576-7 (painettu)
ISBN 978-951-25-3577-4 (verkkojulkaisu)
ISSN 2489-7329 (painettu)
ISSN 2490-1601 (verkkojulkaisu)

Puolustusvoimat

PunaMusta
Tampere 2026

Puolustusvoimien tutkimuspäällikön esipuhe

Venäjän yhä jatkuva hyökkäyssota Ukrainaan on muuttanut Suomen turvallisuusympäristöä perustavanlaatuisesti ja pitkäkestoisesti. Epävarmuuden ja jännitteiden kasvu sekä konfliktien kiristyminen myös muualla heijastaa laajempaa geopolittista murrosta.

Suomen Nato-jäsenyys vahvistaa maamme turvallisuutta. Naton jäsenenäkin Puolustusvoimien ydintehtävä on Suomen sotilaallinen puolustaminen. Turvallisuustilanteen jatkuva kiristyminen vaatii Puolustusvoimilta kykyä vastata suorituskykytarpeisiin aiempaa ketterämmin. Innovatiivisia ratkaisuja on kehitettävä oikea-aikaisesti ja suorituskykyjä tukevasti.

Puolustusvoimien suorituskyvyn suunnittelun ja rakentamisen prosessi toimii luotettavasti ja varmasti riskit minimoiden ja suorituskyvyn maksimoiden. Prosessi soveltuu erityisesti suurten, monimutkaisten ja runsaasti integrointia ja koulutusta edellyttävien joukkojen ja järjestelmien kehittämiseen. Se on kuitenkin liian hidas ja raskas vastaamaan nopeampiin tarpeisiin. Siksi Puolustusvoimat kehittää perinteisen tutkimus- ja kehittämisprosessin ja suorituskyvyn rakentamisen prosessin rinnalle innovaatiotoiminnallisuutta. Sen keskeinen osa ja eri tahojen kontaktipiste, Puolustusvoimien innovaatioyksikkö, aloitti toimintansa tammikuussa 2026.

Innovaatiotoiminta rakentuu tieteelliselle, teknologiselle ja sotilaalliselle osaamiselle. Toiminnan tavoitteena on luoda järjestely, jolla etsitään, kehitetään, kokeillaan, arvioidaan ja otetaan käyttöön ratkaisuja sotilaallisen suorituskyvyn kehittämiseksi tarvittaessa nopeastikin. Innovaatiotoimintaa johtaa Pääesikunnan suunnitteluosasto ja toiminta kattaa Pääesikunnan alaiset laitokset sekä kaikki puolustushaarat.

Innovaatiokokonaisuutta koordinoi Puolustusvoimien tutkimuslaitokseen perustettu innovaatioyksikkö. Yksikkö toimii yhden luokun periaatteella Puolustusvoimien ja kansallisten ja kansainvälisten yhteistyökumppanien yhteysta-

hona: se muodostaa rajapinnan yritysten, tutkimuslaitosten ja muiden sidosryhmien suuntaan uusien ideoiden ja innovaatioiden arvioimisessa ja käyttöönnotossa.

Muutokset Suomen turvallisuustilanteessa tuovat Puolustusvoimat ja ulkopuoliset toimijat lähemmäs toisiaan. Yritysten, yliopistojen, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten sekä Puolustusvoimien yhteistyö on keskeinen Puolustusvoimien innovaatiotoiminnan mahdollistaja. Puolustusvoimien innovaatiotoiminnalla halutaan kehittää tätä ekosysteemiä ja tehdä eri toimijoiden välisestä yhteistyöstä entistä sujuvampaa. Innovaatiotoiminnan käynnistämisen myötä tullaan viestimään avoimemmin Puolustusvoimien tarpeista yhteistyötahoille.

Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta ulottuu myös kansainväliselle areenalle, jolla EU:n puolustusaloitteet, Naton foorumit ja kahdenvälinen yhteistyö täydentävät toisiaan. Ulkopuolisen rahoituksen käyttö tehostaa kansallista puolustus- ja turvallisuusalan ja Puolustusvoimien innovaatiotoimintaa.

Euroopan puolustusrahasto EDF on muodostunut Suomelle erittäin merkittäväksi tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen välineeksi. Puolustusalan rahoitus ja hankkeiden volyyymi ovat kasvamassa entisestään huomattavasti EU:n seuraavalle budjettikaudelle (2028–2034) – ennakkotietojen mukaan puolustuksen EU-budjetti olisi jopa kymmenkertaistumassa nykyisestä. Tähän tarjontaan osallistuminen vaatii panostuksia sekä teollisuudelta että hallinnolta. Puolustusvoimien innovaatiotoiminta kehittää myös toimintamalleja ulkopuolisen rahoituksen hyödyntämiseen.

EU-yhteistyötä tehdään myös Euroopan puolustusvirasto EDA:ssa, joka on jäsenmaiden välinen vakiintunut asiantuntijaorganisaatio. EDA tarjoaa puolustustutkimukselle ja -kehittämislle merkittävää tukea muun muassa projektien hallinnoimiseen, teknologioiden ja suorituskykyjen arvioimiseen sekä erilaisten aloitteiden koordinointiin.

! ! Innovaatiotoiminta vaatii ketteryyttä, mutta pitkäjänteiseen tutkimustyöhön perustuva tieto ei ole menettänyt merkitystään.

Naton innovaatioaloite DIANA taas on puolustushallinnolle uudentyypinen, tärkeä väylä vuorovaikutuksen syventämiseen kotimaisen start-up-kentän ja tutkimuslaitosten kanssa. Suomessa toimii DIANA-yrityskiihdyttämö ja kaksi testikeskusta. Suomen osallistuminen DIANA-innovaatioaloitteeseen vahvistaa suomalaisyritysten liiketoimintamahdollisuuksia ja maamme teknologiaprofilia Natossa.

DIANA-aloitteen lisäksi Suomi on mukana Naton innovaatorahasto NIF:ssä. Kyseessä on murroksellisiin teknologioihin keskittynyt 1 miljardin euron rahasto, joka sijoittaa suoraan start-up- ja kasvuyrityksiin ja deep tech -rahastoihin. Rahastolla pyritään vahvistamaan DIANA:n kautta todennettujen innovaatioiden jatkorahoituspolkuja.

Liittyminen Naton innovaatioaloitteeseen ja innovaatorahastoon on luonteva osa Suomen Nato-yhteistyön syven-

tymistä. Naton tiede- ja teknologiaorganisaatio STO:ssa Suomi on ollut alusta asti mukana, ja vuodesta 2016 alkaen täysimääräisesti yhtenä aktiivisimmista jäsenistä. DIANA hyödyntää STO:n asiantuntemusta kaksikäyttöteknologioiden sotilaallisen potentiaalin arviointiin.

Innovaatiotoiminta vaatii ketteryyttä, mutta pitkäjänteiseen tutkimustyöhön perustuva tieto ei ole menettänyt merkitystään. Puolustustutkimuksen vuosikirja 2026 esittelee Puolustusvoimien laaja-alaisen tutkimus- ja kehittämistoiminnan viimeaikaisia tuloksia. Artikkeleissa käsitellään käytännössä kaikkia sodankäynnin ulottuvuuksia maasta avaruuteen ja kyberavaruuteen, teknologiasta taistelijan toimintakykyyn ja strategisesta ennakoinnista sotataitoon.

Toivotan kaikille antoisaa lukukokemusta.



Kirjoittaja:

Insinöörieverstiluutnantti Jouni Koivisto toimii Puolustusvoimien tutkimuspäällikkönä.

Päätoimittajalta

Neljännän sotavuoden päättyessä Ukrainassa sotilaallinen varautuminen, kansakunnan resilienssin kehittäminen ja tarve löytää pikaisia keinoja puolustautumiseen Venäjän aiheuttamalta uhalta ovat vallanneet Euroopan kansakuntien mielet ja mediakentän.

Julkisessa keskustelussa innovaatio-termi näyttää laajentuneen tarkoittamaan lähes kaikkea toimintaa, joka toteutetaan nopeasti ja kenties kevyellä harkinnalla. Ukrainan tapauksessa tämä on sangen ymmärrettävää, sillä sodassa on hyödynnettävä kaikki se, mitä on jo olemassa. Organisaatio-kulttuurinen vastustus vähenee tappioiden myötä ja pakottava tarve parantaa toimintaa mahdollistaa olemassa olevien teknologioiden hyödyntämisen uudella tavalla. Kuitenkin, jos taisteluista irti oleva kansakunta käyttää kaikki saatavilla olevat resurssinsa pikakokeiluihin, mitään todella uutta tai mullistavaa ei synny. Innovaatiotoiminta onkin nähtävä sekä-että asiana, ei joko-tai vaihtoehtona syvälliselle tieteelliselle tutkimukselle. Molempia tarvitaan.

Vaikka innovaatioiden poikkeuksellisen suuri näkyvyys julkisuudessa luo painetta nopeisiin päätöksiin, ratkaisut on syytä tehdä tutkittuun tietoon perustuen. Tässä tosiasioiden tuotannossa Puolustusvoimien tutkimus on jälleen kunnostautunut kuluneen vuoden aikana. T&K-toiminnan rooli lisääntyneiden puolustusmäärärahojen houkuttelemien käärmeöljykauppioiden tunnistamisessa on ratkaiseva. Tässä vuosikirjassa käsitellään mm. toiminnan ketteröittämisen riskejä sekä avaruustoiminnan kaupallistumista.

Innovaatiohyphen aikana onkin ilolla tervehdittävä Pääesikunnan suunnitteluosaston johdolla valmisteltua Puolustusvoimien innovaatiotoimintaa, jossa tarkoituksena on löytää ja nostaa juuri niitä todellisia innovaatiota kaiken kohinan joukosta. Osana tätä ponnistusta Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa aloitti Puolustusvoimien innovaatioyksikkö alkuvuodesta 2026.

Toivon Puolustusvoimien vuosikirjan 2026 tarjoavan arvon lukijalle mielenkiintoisia ja avartavia lukuhetkiä. Samalla lausun parhaat kiitokseni kaikille kirjoittajille sekä muutoin kirjan tuottamiseen osallistuneille hienosta työstä.



Kirjoittaja:

Päätoimittaja, insinöörieverstiluutnantti Sami Sundström toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tutkimuspäällikkönä.

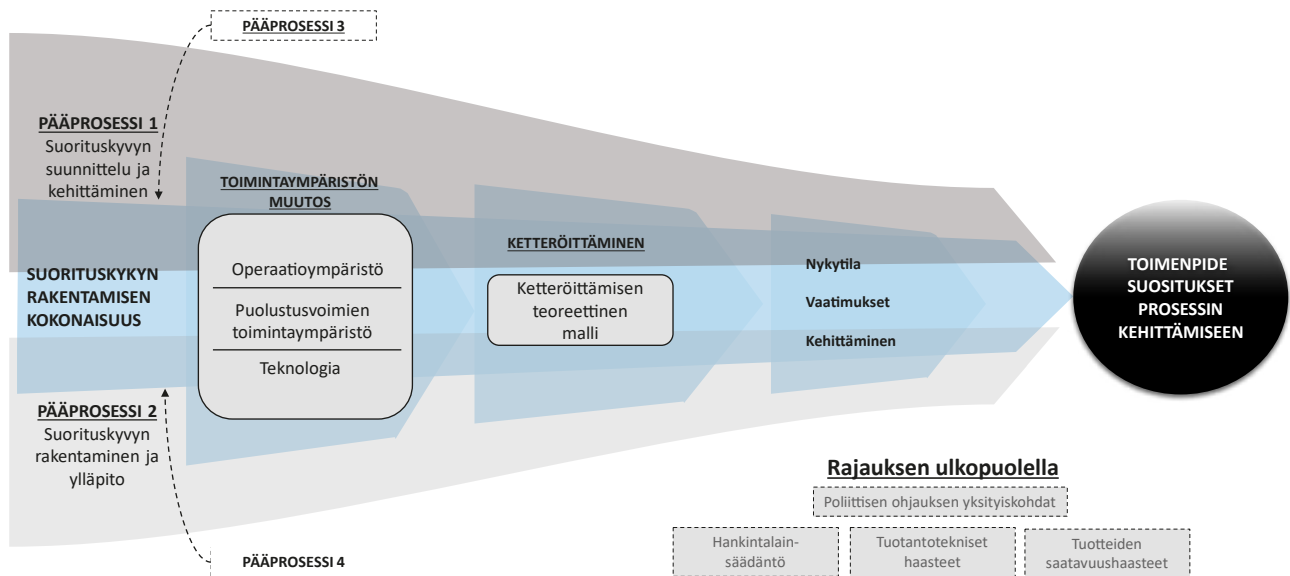
Sisällys

Puolustusvoimien tutkimuspäällikön esipuhe	3
Päätoimittajalta	5
Toimintaympäristö- ja puolustusjärjestelmäanalyysi	
Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden ketteröittäminen	10
Avaruusalan yritysten rooli sodankäynnissä	15
Kokeilutoiminta	20
Suomen tulevaisuuden operaatioympäristön muutostekijöitä	23
Operointia vai multi-domain-operointia	27
Kognitiivinen sodankäynti	32
Kyberilmiöt tutkimuskohteena	36
Taistelutilan informaation hallinta ja johtaminen	
Informaatioteknologian ratkaisut vaikuttavat taistelutilan hallintaan	44
Taistelijan toimintakyky	
Kokonaisvaltainen työhyvinvointi ja sen johtaminen	50
Johtajavalintoihin kehitetty uusi Peruskoe 2	52
Vaikuttaminen ja suoja	
Missä viipyvät miehittämättömät maa-ajoneuvot?	56
Panssaroidun kaluston suoja	59
Suojanedistämisen tutkimus Maavoimissa	61
Puolustusvoimien tutkimuslaitos tukee alueraivaamista	66
Ohjussodankäynti ja ohjuspuolustus	71
Vaarallisten teollisuuskemikaalien vaaraetäisyyksien mallintamisesta	75
Uudet teknologiat logistiikassa	79



Toimintaympäristö- ja puolustusjärjestelmäanalyysi

Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden ketteröittäminen



Kuva 1. Tutkimuksen näkökulma, viitekehys ja keskeinen rajaus. (Kuva: Sami Harju)

Suorituskykyjen suunnitteluun sekä toimintamallien ja prosessien kehittämiseen vaikuttavat useat tekijät. Näitä ovat muuttuva uhkaympäristö, puolustusbudjetin muutokset, Naton tuomat puolustus suunnittelun ja yhteensopivuuden vaatimukset sekä teknologisten vaateiden kasvu.

Sota Ukrainassa on herättänyt koko Euroopan uuteen todellisuuteen, jossa varautumista ja suorituskykyä rakennetaan konkreettista uhkaa vastaa tässä ja nyt, ei pelkäästään esimerkiksi 6–15 vuoden päähän. Suorituskykyjen rakentamisen kokonaisuuden on vastattava uusiin vaatimuksiin riittävän ketterästi.

Diplomityön päätavoitteena oli selvittää Puolustusvoimien suorituskyvyn suunnittelun, kehittämisen ja rakentamisen kokonaisuuden nykytila, kehittämisen vaatimukset sekä keinot kokonaisuuden ketteröittämiseen. Tutkimuksessa tarkasteltiin, millaisia vaatimuksia toimintaympäristön muutos asettaa suorituskyvyn rakentamisen kehittämiselle. Lisäksi tutkimuksessa analysoitiin ketteryyden teoreettisia perusteita ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia.

Tutkimusraportti ei kokonaisuudessaan ole julkinen, joten kaikkia raportin tuloksia ja johtopäätöksiä ei avata. Tutki-

muksen näkökulma, viitekehys ja keskeinen rajaus on esitetty kuvassa 1.

Tutkimus toteutettiin monitriangulaationa hyödyntäen sekä menetelmä- että analyysitriangulaatiota. Menetelmätriangulaatio sisälsi kuvailevan kirjallisuuskatsauksen, puolistrukturoidut teema haastattelut sekä puolistrukturoidun asiantuntijakyselyn. Analyysitriangulaatiossa yhdistettiin laadullinen teemoittelu, kvantitatiivinen kuvaileva analyysi sekä useita tilastollisia monimuuttujamenetelmiä, kuten faktori-, pääkomponentti- ja klusterianalyysiä.

Syventävänä tiedonkeruumenetelmänä käytettiin tutkimusta varten kehitettyä sovellettua skenaariomenetelmää, jonka avulla kartoitettiin konkreettisia haasteita suorituskyvyn rakentamisen läpiviennissä nykyisillä toimintatavoilla ja prosesseilla.

Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden nykytila

Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuus näyttyy nykytilassaan osittain rakenteellisesti raskaalta, hierarkkisesti johdetulta ja osin siiloutuneelta prosessikokonaisuudelta. Puolustusvoimien ohjeistuksessa ja suunnitteludokumentaatiassa tunnistetaan useita keskeisiä tavoitteita, kuten

suorituskykyjen systemaattinen suunnittelu, pitkäjänteinen kehittäminen, innovointikyvykkyys sekä ketteruus.

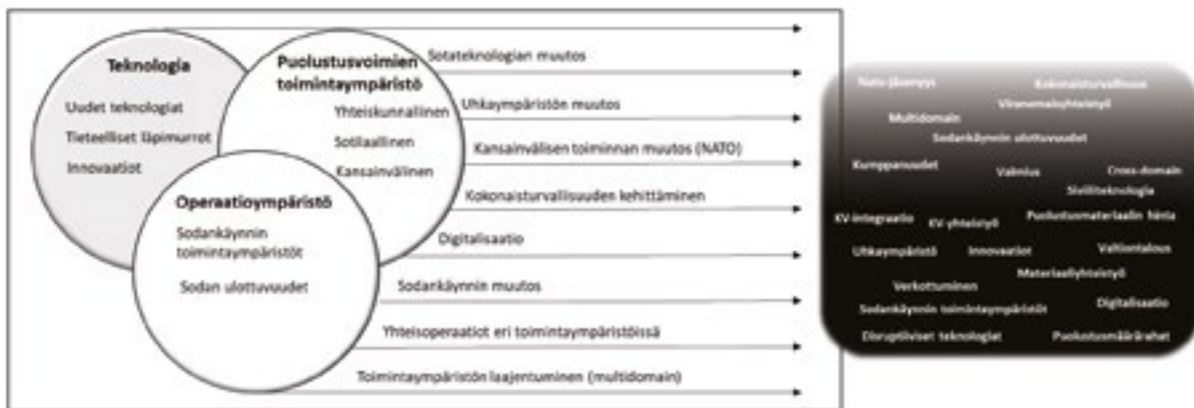
Asetettujen tavoitteiden käytännön toteutus jää osittain rakenteellisten tai kulttuuristen esteiden vuoksi vajaaksi. Esimerkiksi kyky reagoida muutoksiin innovaatioiden, nopeasti kehittyvän teknologian tai suorituskyvyn jatkuvien päivitystarpeiden osalta on rajallista.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että nykytila ei vielä tue ketteryyden edellytyksiä laaja-alaisesti, vaikka Puolustusvoimien organisaation sisällä on paikoin havaittavissa kehityshakuisuutta ja muutospotentiaalia. Nykyinen prosessikokonaisuus tukee ensisijaisesti laajojen ja pitkäjänteisten suorituskykyjen rakentamista varmistaen, että suorituskyvyn käsitelmällin eri osa-alueet tulevat huomioituksi suorituskykyjen koko elinkaaren aikana.

Tutkimus osoitti myös, että kehittämistarve ei tarkoita välttämättä nykyisen mallin täydellistä hylkäämistä, eikä se osoita mallia sinänsä epäpäteväksi tai täysin vanhentuneeksi. Tulosten perusteella voidaan pikemminkin todeta, että nykyinen suorituskyvyn rakentamisen malli ei yksin riitä vastaamaan kaikkien, erityisesti erikokoisten ja eri aikajänteellä käyttöön tarvittavien suorituskykyjen rakentamisen vaatimuksiin.

Toimintaympäristön muutoksen asettamat vaatimukset

Muuttuva toimintaympäristö asettaa suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden kehittämiseksi useita vaatimuksia. Keskeiset vaatimukset kohdistuvat joustavuuteen, reagoitavuuteen sekä ennakoivaan suunnitteluun. Tutkimuksessa toimintaympäristön muutoksen asettamia vaatimuksia lähestyttiin kuvassa 2 esitettyjä osa-alueita mukailien.



Kuva 2. Toimintaympäristön muutoksen tarkastelun osa-alueet. (Kuva: Sami Harju)

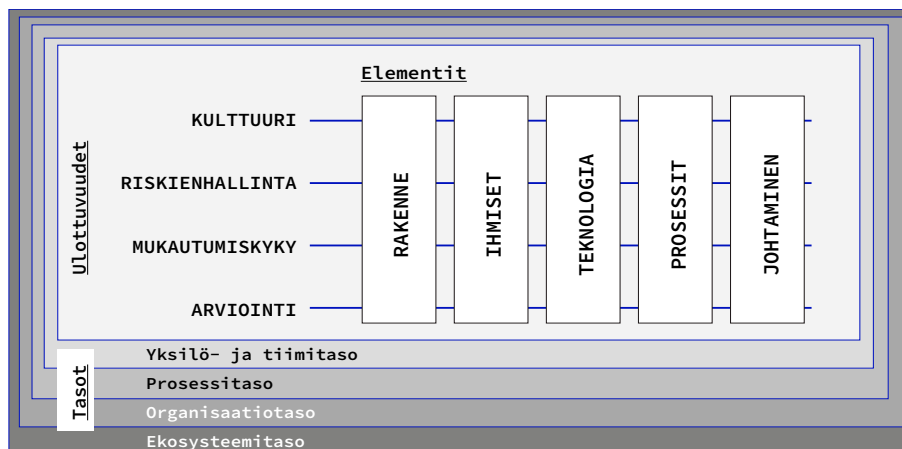
Nato-jäsenyys, turvallisuusuhkien monimuotoistuminen, teknologian kehityksen nopeus sekä multi-domain-opeoinnin kehittyminen edellyttävät suorituskyvyn rakentamisen prosesseilta kykyä kohdistaa kehittämistä nopeasti muuttuvien tarpeiden mukaisesti. Muutoksessa korostuvat erityisesti ajalliset vaatimukset. Suorituskykyjen rakentamisen kokonaisuuden, kuten prosessien keston, vaiheistuksen ja päätöksenteon, on oltava operatiivisten vaatimusten aikarajojen mukaisia niin normaali- kuin poikkeusoloissa.

Suorituskykyjen kehittämisessä on kyettävä huomioimaan yhä useampia samanaikaisia vaatimuksia, kuten

- nopea käyttöönottavuus
- yhteensopivuus liittolaisten kanssa
- sopeutuvuus erilaisten multi-domain-operaatioiden vaatimuksiin.

Tämä edellyttää rakenteellista joustavuutta, prosessien virtaviivaistamista ja uudenlaista ajattelumallia, jossa kehittäminen ei perustu yksinomaan staattisiin ennusteisiin vaan jatkuvaan arviointiin ja kykyyn uudelleen suunnata resursseja lyhyellä aikajänteellä. Resurssien uudelleen suuntaaminen asettaa vaatimuksia jokaiseen suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden osa-alueeseen aina suunnittelusta suorituskykyjen käyttöönottoon ja organisaation kouluttamiseen asti.

Yhteensopivuus ja yhteistoimintakyky Nato-maiden kanssa vaikuttavat merkittävästi puolustuskyvyn toimivuuteen ja uskottavuuteen. Kyse ei ole ainoastaan teknisten järjestelmien yhteensopivuudesta, vaan laajemmasta kyvystä toimia tehokkaasti eri multi-domain-operaatioiden toimintaympäristöissä sekä osana kokonaisturvallisuutta tukevaa viranomaisyhteistyötä. Esimerkiksi verkottuneisuuden kasvu, tekoälyn hyödyntäminen ja datan hallinta luovat uudenlaisia vaatimuksia kyvykkyysien suunnittelulle, kehittämiselle,



Kuva 3. Ketteröittämisen teoreettinen malli. (Kuva: Sami Harju)

rakentamiselle sekä operatiiviselle käytölle. Samaan aikaan muuttuvat uhkakuvat, kuten miehittämättömien järjestelmien ja kybervaikuttamisen yleistymisen, edellyttävät nykyisten suorituskykyjen jatkuvaa päivittämistä.

Ketteröittämisen jäsentäminen kehittämisen tueksi

Ketteryyttä voidaan pitää joustavuuteen, muutosvalmiuteen ja jatkuvaan parantamiseen perustuvana toimintafilosofiana, joka kattaa organisaation kulttuurin, rakenteet, johtamisen, prosessit ja teknologian. Ketteryys mahdollistaa parhaimmillaan organisaation nopean reagoinnin muuttuviin vaatimuksiin ja ympäristöihin sekä arvon tuottamisen asiakkaalle jatkuvan oppimisen ja palautteen avulla. Verrattuna perinteiseen lineaariseen vesiputousmalliin ketterä toimintatapa tarjoaa iteratiivisen ja mukautuvan lähestymistavan, jossa arvon tuottamista ja palautteeseen perustuvaa kehitystä tapahtuu jatkuvasti.

Tutkimuksessa ketteryyttä lähestyttiin sekä ajattelutapana että käytännön työmenetelminä ja organisaation toimintaa ohjaavina viitekehyksinä. Agile-ajattelussa keskiöön nousivat yksilöt, vuorovaikutus, asiakasyhteistyö ja reagoitukyky. Lean-ajattelu painotti erityisesti arvovirtausta, hukan poistamista ja jatkuvaa prosessien parantamista. Näitä lähestymistapoja tukevat lukuisat menetelmät, kuten Scrum, Kanban, Extreme Programming ja DevOps, sekä skaalautuvat viitekehykset, kuten SAFe ja LeSS.

Ketteröittämisen hyödyntämisessä ei kuitenkaan ole kyse vain yksittäisten menetelmien käyttöönotosta. Ilman strategista suuntaa, kulttuurista muutosta ja rakenteellista tukea ketteryyden tavoitteet voivat jäädä näennäisiksi, ja pahimmillaan ketteryys voi heikentää organisaation toimintakykyä.

Ketteryydellä on myös riskinsä: liiallinen nopeuden tavoittelu, resurssien ylikuormitus, koordinaation puute sekä pinnallinen menetelmäkeskeisyys voivat johtaa epäonnistumisiin.

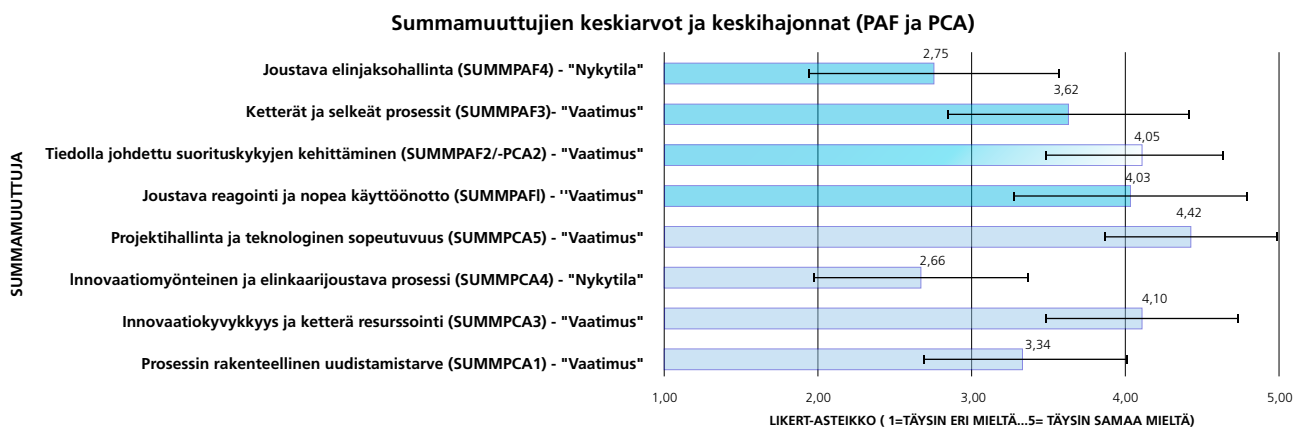
Erityisesti suurissa ja hierarkkisissa organisaatioissa, kuten Puolustusvoimissa, on tärkeää tunnistaa ketteröittämiseen liittyvät keskeiset haasteet. Näitä voivat olla esimerkiksi muutosvastarinta, ohjeistuksen puute tai organisaation rakenteelliset esteet.

Tutkimuksessa ketteröittäminen jäsennettiin kolmitasoiseksi teoreettiseksi malliksi, joka rakentuu ulottuvuuksista, elementeistä ja tasoista kuvan 3 mukaisesti. Malliin on koottu yhteen ketteryyttä tukevat periaatteet, rakenteet ja toimintatavat. Malli tarjoaa viitekehyksen, jonka avulla ketteröittämistä voidaan tarkastella ja soveltaa erityisesti Puolustusvoimien kaltaisessa hierarkkisessa toimintaympäristössä. Mallissa elementit kuvaavat organisaation toiminnan keskeisiä osa-alueita, joissa ketteryys konkretisoituu käytännössä. Ulottuvuudet toimivat läpileikkaavina näkökulmina, jotka vaikuttavat kaikkiin elementteihin ja tasoihin. Tasot kuvaavat niitä organisatorisia ja toiminnallisia kerroksia, joilla ketteryys rakentuu ja ilmenee.

Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden ketteröittäminen

Ketteröittämisen vaatimukset voidaan tiivistää kolmeen osa-alueeseen:

- nopea kyky reagoida muutoksiin
- kyky mahdollistaa dynaaminen suorituskykyjen päivittäminen
- kyky säilyttää pitkäjänteinen, tulevaisuuteen suuntautuva suorituskykyjen rakentaminen.



Kaavio 1. Summamuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat. (Kaavio: Sami Harju)

Keskeisenä vaatimuksena on kyky vastata samanaikaisesti pitkäjänteiseen, dynaamiseen ja nopeaan suorituskykyjen rakentamiseen.

Pitkäjänteinen toiminta voidaan käsittää nykyisin käytössä olevana suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuutena, joka tukee parhaiten strategisia hankkeita ja laajojen suorituskykyjen kehittämistä. Dynaaminen toiminta puolestaan kattaa suorituskyvyt, jotka edellyttävät jatkuvaa päivytystä ja mukautumista. Nopea kyvykyys viittaa esimerkiksi innovatiivisten suorituskykyjen ja nopeasti kehittyvän teknologian rakentamiseen.

Kaaviossa 1 on esitetty pääkomponenttianalyysin (PCA) ja faktorianalyysin (PAF) avulla muodostettujen summamuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat (n = 79). Kuviosta on tulkittavissa kehittämisen nykytila ja sen keskeiset vaatimukset.

Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden ketteröittämissä keinojen jäsenneettiin tutkimuksessa kolmeen kehittämissä vaihtoehtoon:

1. Maltillinen ketteröittäminen, jossa kehittämistoimenpiteet kohdistuvat rajattuihin muutoksiin nykyisissä prosesseissa ja rakenteissa.
2. Vaihtoehtoinen ketterä toimintamalli, jossa nykyisen suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden rinnalle kehitetään uusi, ketteryyttä painottava toimintamalli.
3. Laajamittainen ketteröittäminen, joka edellyttää koko suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden systemaattista uudelleenarviointia ja merkittäviä muutoksia muun muassa rakenteisiin, prosesseihin, johtamiseen ja kulttuuriin.

Maltillinen ketteröittäminen malli tarkoittaa esimerkiksi Lean-ajatteluun perustuvan arvovirtakuvauksen laatimista koko suorituskyvyn rakentamiseen kuuluvista prosesseista. Kuvauksen avulla pyrittäisiin tunnistamaan kehityskohteita,

minkä avulla voidaan parantaa virtaus- ja resurssitehokkuutta sekä poistaa hukkaa ja pullonkauloja. Jos tavoitteena ei ole pelkästään parantaa virtausta ja resurssitehokkuutta vaan luoda ketterän suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuus, kehittämistä tulee ohjata esimerkiksi tutkimuksessa muodostetun ketteröittämissä teoreettisen mallin avulla. Tällöin toimenpiteet ulottuvat prosessien lisäksi myös rakenteisiin, johtamiseen, osaamiseen ja teknologisiin valmiuksiin.

Vaihtoehtoisessa mallissa kehitetään erillinen, rinnakkainen toimintamalli tai nykyisen prosessikokonaisuuden sisällä toteutettava toimintamalli. Mallin avulla ketterä toimintatapa voidaan liittää osaksi vakiintunutta prosessia ilman, että koko suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuutta tarvitsee uudelleen muotoilla. Mallin kehittämissä olisi perusteltua tarkastella, voisiko esimerkiksi Norjan Triaxial-mallista omaksua joitakin osia, erityisesti siviiliteknologian hyödyntämisen ja ketterän kehittämisen näkökulmasta. Triaxial-malli perustuu siviili- ja puolustussektorin väliseen tiiviiseen yhteistyöhön, mikä on Norjassa mahdollistanut kaupallisen teknologian nopean käyttöönoton ja tukenut puolustusalan innovaatioita.

Vaihtoehtoisessa ketterässä toimintamallissa korostuisi todennäköisesti eri tasojen toimivuus. Toimintamallissa yksilö- ja tiimitason ideat voitaisiin tuoda nopeasti prosessoituna eri tasojen läpi aina ekosysteemitasolle asti. Ekosysteemitasolla pullonkaulaksi voi nousta se, miten puolustusteollisuudella tai yhteistyökumppaneilla on mahdollisuuksia tuoda ideoita Puolustusvoimille ja vastaavasti miten Puolustusvoimat voivat vastaanottaa innovaatioita ja rahoittaa niiden kokeilemista.

Vaikka toimintamalli olisi itsessään ketterä, haasteita voi syntyä ketteröittämissä mallin kaikilla osa-alueilla. Esimerkiksi kriittisenä pullonkaulana voidaan nähdä järjestelmien käyttöönoton haasteet, integroimisen haasteet muihin järjestelmiin sekä varastointi- ja kunnossapitohaasteet.

Laajamittaisessa kehittämisvaihtoehdossa kehitetään laajasti suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuutta, ja lähtökohtana ovat tarpeet ja vaatimukset. Tällöin kokonaisuutta tulisi muokata ketteröittämisen teoreettisen mallin avulla siten, että se vastaa asetettuihin vaatimuksiin kehittämällä ketteröittämisen elementtejä ja ulottuvuuksia kaikilla tasoilla.

Esimerkiksi, mikäli vaatimuksena on rakentaa tietyn kokoinen suorituskyky kolmen kuukauden kuluessa ideasta koe-käyttöön, se olisi mahdollista uudistetun mallin mukaisella toimintatavalla. Hypoteettisesti tarkasteltuna tämä voisi edellyttää sitä, että muodostetaan erillinen suorituskyvyn rakentamisen yksikkö tai toimintoja järjestellään uudelleen ketteryyttä tukevalla tavalla. Yksikkö voisi vastata esimerkiksi suorituskyvyn rakentamisen ohjeistuksesta, valtakunnallisesti käytettävän projektihallintaohjelmiston hallinnoinnista ja teknisestä tuesta, suorituskykyjen käyttöönottoon liittyvistä lupaprosesseista sekä rakentamiseen liittyvästä asiantuntijatuesta. Yksikkö toimisi valtakunnallisena suorituskykyjen hankintaan ja käyttöönottoon liittyvänä johtavana ja koordinoivana elimenä. Näin voitaisiin esimerkiksi siirtää kohti monitoimintaympäristökeskeistä operointia ja kaataa puolustushaararajat jo suorituskyvyn suunnitteluvaiheessa.

Lisäksi yksikkö integroituisi vahvasti ekosysteemitasolla puolustusteollisuuden ja muiden toimijoiden kanssa, jolloin esimerkiksi siviiliyritykset saisivat selkeän kontaktipinnan esittää uusia suorituskykyideoitaan. Yksiköllä voisi olla myös omaa kykyä toteuttaa ohjelmistopohjaista kehittämistä Kessel Run -tyyppisesti tai kykyä testata ja skaalata innovointi-ideoita.

Yhteenveto

Nopeasti muuttuva toimintaympäristö ja kompleksiset turvallisuushaasteet edellyttävät jatkuvaa uudistumista ja uudenlaisten ratkaisujen kehittämistä, jolloin suorituskykyjen rakentamisessa edellytyksenä on innovatiivisuus. Tulevaisuudessa suorituskykyjen kehittämisen on oltava entistä innovatiivisempaa ja joustavampaa mutta myös reaktiivista sekä vahvemmin verkottunutta eri kansallisten ja kansainvälisten toimijoiden ja järjestelmien kesken. Muuttuvassa toimintaympäristössä suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuutta on arvioitava uudelleen ja otettava huomioon sen ketteryys, ajallinen vastekyky ja yhteistoimintakyky.

Tämän vuoksi Puolustusvoimat tarvitsee seuraavia kykyjä:

- sopeutumista nopeasti muuttuviin olosuhteisiin
- joustavuutta hyödyntää esimerkiksi siviiliteknologian tuomia mahdollisuuksia
- suorituskykyjen kehittämistä tiedolla johtamisen keinoin
- prosessien optimointia ketterästi ja selkeästi.

Samalla on tarve kehittää organisaatorakenteita ja -kulttuuria tukemaan näitä tavoitteita erityisesti innovaatiokykykyden ja elinkaarijoustavuuden osalta.

Tässä kehitystyössä tulee hyödyntää siviilitoimijoita ja yrityskumppaneita. Kumppanuuksien laajentaminen ei ainoastaan lisää suorituskykyjen rakentamisen reagointikykyä ja resurssia, vaan tarjoaa mahdollisuuksia kehittää kustannustehokkaita ja skaalautuvia ratkaisuja, jotka tukevat puolustusjärjestelmän kokonaisuorituskykyä muuttuvissa olosuhteissa.

Suorituskyvyn rakentamisen kokonaisuuden ketteröittäminen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa suunnittelu, kehittäminen ja rakentaminen nähdään toisiinsa kytkeytyvinä prosesseina. Ketteröittäminen ei ole yksittäinen menetelmä tai rajattu toimintamalli, vaan kokonaisuus, joka parhaimmillaan vahvistaa puolustusjärjestelmän kehittämisen ennakoivaa ja reaktiivista kykyä.

Vaikka tunnetut viitekehykset ja menetelmät, kuten Lean, Scrum tai SAFe, tarjoavat hyödyllisiä periaatteita, kuten jatkuvaa parantamista ja arvovirran hallintaa, niiden suora soveltaminen Puolustusvoimien linjaesikuntaorganisaatioon ei ole yksiselitteistä. Ketteröittäminen ei tarkoita ainoastaan suorituskyvyn rakentamisen prosessien nopeuttamista vastauksena toimintaympäristön muutoksiin ja nykytilan haasteisiin. Kyse on laajemmasta muutostarpeesta, joka ulottuu muodostetun ketteröittämisen mallin kaikille osa-alueille.

Lisäksi on otettava huomioon, että lähes kaikki nykyiset Puolustusvoimien suorituskyvyt sisältävät teknologisia ratkaisuja, minkä vuoksi teknologian nopea kehitys luo jatkuvan päivitystarpeen. Ketterän suorituskykyjen päivityskyvyn voidaankin nähdä ulottuvan lähes kaikkiin suorituskykyihin jo nykytilassa.

Kirjoittaja:

Majuri Sami Harju toimii joukkoyksikön komentajana Karjalan lennostossa 7. Pääjohtokeskuksen päällikkönä.

Avaruusalan yritysten rooli sodankäynnissä

– yritykset asevoimien palveluntuottajina



(Kuva: Kevin Stadnyk/Unsplash)

Avaruuden merkitys sotilaallisena toimintaympäristönä on kasvanut voimakkaasti viime vuosina teknologisen kehityksen ja kustannusten laskun myötä. Kehityksen keskellä ovat avaruusalan yritykset, joiden suorituskyvyt ylittävät yhä useammin jopa valtioiden omat suorituskyvyt.

Yleisesikuntaupseerikurssin diplomityössäni käsitelin avaruusalan yritysten roolia sodankäynnissä asevoimien palveluntuottajina. Tutkimus keskittyi yritysten palveluntuotantoon asevoimille, ei järjestelmien rakentamiseen asevoimien käytettäväksi.

Asevoimat ympäri maailmaa ovat alkaneet laajemmin turvautua kaupallisten palveluntarjoajien kyvykkyyksiin, minkä takia kaupallisista toimijoista on tullut aktiivisia toimijoita sodankäynnissä. Kaupallisten avaruuspalveluiden käyttö tuo asevoimille merkittäviä hyötyjä ja mahdollisuuksia, mutta niiden käytössä on myös haittoja ja riskejä.

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Kaupallisten avaruusalun yritysten roolia osana sotilasoperaatioita on tarkasteltu aiemmissä tutkimuksissa varsin vähän. Yhtenä syynä tähän voi pitää avaruusalun voimakasta kasvua viimeisimmän kymmenen vuoden aikana, mikä on kasvattanut merkittävästi yritysten käytössä olevia suorituskykyjä ja sitä kautta myös yritysten mahdollisuuksia myydä asevoimille palveluita.

Avaruusalun yrityksiä ei ole aiemmissä tutkimuksissa systemaattisesti asetettu osaksi yleistä asevoimien tukitoimintojen ulkoistamiskehitystä. Tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli kytkeä avaruusalun yritysten asevoimille tarjoamat palvelut osaksi tätä laajempaa kaupallisen sotilaspalvelualan kehystä ja arvioida palveluiden käytöstä asevoimille koituvia hyötyjä sekä haittoja. Toisena tavoitteena oli muodostaa julkinen ja suomenkielinen kuvaus avaruudesta sotilaallisena toimintaympäristönä osa-alueineen ja toiminnallisuuksi-

neen. Puolustusvoimilla ei ole sotilaalliseen avaruustoimintaan liittyviä doktriineja, oppaita tai vakiintuneita termejä.

Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksia. Tutkimuksessa muodostettiin kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla laajasta lähdekirjallisuudesta eheä kokonaisuus. Aineistoon sisältyi vertaisarvioitujen julkaisujen lisäksi muun muassa eri asevoimien avaruusdoktriineja ja kaupallisen avaruustoiminnan markkinakartoituksia, jotka liittyvät palveluiden saatavuuteen ja suorituskykyihin.

Tämän jälkeen tutkimuksessa haastateltiin 15:tä suomalaista avaruusalaalla työskentelevää henkilöä. Haastattelujen rooli oli tutkimuksessa kirjallisuutta pienempi, mutta ne lisäsivät tutkimuksen luotettavuutta ja toivat mukaan kansallista näkökulmaa, jota kansainvälisestä lähdekirjallisuudesta ei ollut saatavilla.

Asevoimien ostamat avaruuspalvelut osana kaupallista sotilaspalvelualaa

Sodankäyntiin liittyvillä ostopalveluilla on pitkä historia. Kaupallinen sotilaspalveluala ei ole uusi ilmiö, vaan sen tausta ulottuu aina antiikin aikoihin asti. Modernin sodankäynnin ulkoistamisen voi nähdä alkaneen länsimaissa toisen maailmansodan jälkeen. Yhtenä synnä tähän voi pitää julkishallintojen yleistä kehitystä ulkoistaa toimintoja, minä loogisena jatkumona voi nähdä myös asevoimien toimintojen ulkoistamisen.

1990-luvulta lähtien ulkoistamiseen vaikutti lisäksi muuttunut turvallisuusympäristö Neuvostoliiton hajottua, mikä johti asevoimien rahoituksen ja henkilöstömäärän supistamiseen sekä tehtävien muuttamiseen. Samalla teknologiakehitys ja teknologisen etulyöntiaseman tavoittelu johti asevoimien kulujen kasvuun.

Ulkoistamista voidaan pitää yhtenä ratkaisuna asevoimille syntyneisiin kulu- ja henkilöstöongelmiin. Valtioiden ei tarvinnut kehittää, ylläpitää ja operoida kaikkia suorituskykyään itse, vaan niitä voitiin hankkia käyttöön avoimilta markkinoilta palveluina. Asevoimien avaruustoimintojen ulkoistaminen ei ole tästä erillinen ilmiö, vaan osa tätä laajempaa yhteiskunnallista muutosta.

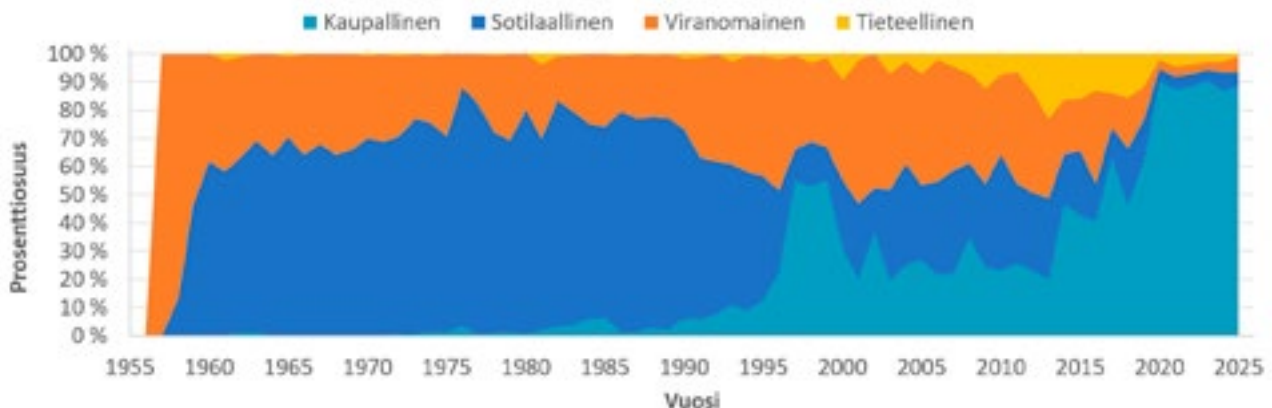
Kaupallinen sotilaspalveluala, johon avaruusliiketoiminta osin sisältyy, on kasvanut globaaliksi ilmiöksi ja muuttunut yhä kiinteämmäksi osaksi asevoimien operatiivista toimintaa. Asevoimien ulkoistamisratkaisuisa keskeinen tekijä ei ole pelkästään kustannustehokkuuden tavoittelu, vaan entistä vahvemmin se, että kaupalliset palveluntarjoajat tuovat teknologisesti edistyneempiä, suorituskykyisempiä ja joustavampia palveluita.

Asevoimien ostamat avaruuspalvelut voidaan nähdä kaupallisen sotilaspalvelualan kypsänä ja korkeateknologisena osa-alueena, jossa hyödynnetään pitkälti samanlaisia mekanismeja ja toimintamalleja kuin muissa kaupallisissa sotilaspalveluissa. Myös avaruuspalveluiden käytön hyödyt ja haitat asevoimien näkökulmista olivat pääosin samankaltaisia kuin laajemmin muissa palveluissa.

Avaruus sotilaallisena toimintaympäristönä

YK:n vuoden 1967 avaruusyleissopimuksen yksi perusperiaatteista on avaruuden rauhanomainen ja vapaa käyttö. Tämän takia avaruus välillä mielletään rauhanomaiseksi yhteiskäyttöalueeksi, vaikka sopimus ei merkittävästi rajoita sotilaallista toimintaa.

Avaruutta on ensimmäisten satelliittien laukaisuista saakka käytetty sotilaallisesti. Suurten kustannusten takia avaruustoiminta oli pitkään lähinnä suurvaltojen ulottuvilla. Teknologian miniatyrisaation, sarjatuotannon ja laukaisuhintojen laskun takia avaruustoiminta on tullut kaikkien ulottuville.



Kuva 1. Satelliittien laukaisu eri käyttötarkoituksiin laukaisuvuosittain. (Kuva: Juuso Liekkilä)

Nyt satelliittien määrä kasvaa voimakkaasti. Kymmenen vuotta sitten avaruudessa oli tuhat toimintakuntoista satelliittia, kun syksyllä 2025 niitä on noin 13 000. Merkittävä osa kasvusta johtuu nimenomaan kaupallisista satelliiteista. Viime vuosina kaupallisten satelliittien osuus on ollut noin 90 prosenttia vuosittain laukaistuista satelliiteista (Kuva 1).

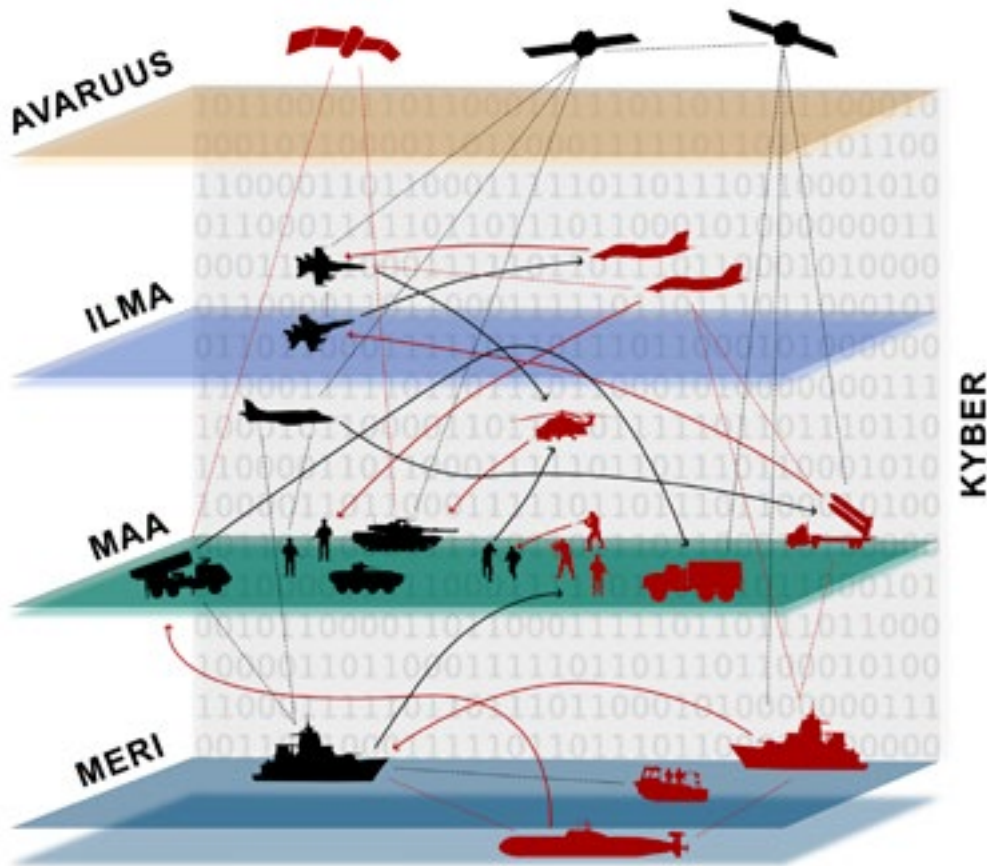
Sodankäynnin näkökulmasta avaruus tukee sodankäyntiä maalla, merellä, ilmassa ja kyberavaruudessa. Satelliitteja käytetään muun muassa tiedusteluun ja valvontaan, tietoliikenteeseen ja johtamiseen sekä paikannukseen. Satelliitit tehostavat järjestelmien ja joukkojen liikkuvuutta, tarkkuutta, tehokkuutta tai nopeutta muissa toimintaympäristöissä. Valtaosa moderneista taistelujärjestelmistä on jollakin tavalla yhteydessä satelliitteihin. Yksi sodankäynnin perusperiaatteista on suorituskykyjen ja niiden vastajärjestelmien kilpajuoksu.

Myös avaruuden käytöstä on tullut yhä kiistellympää. Avaruussodankäynnin voi nähdä tarkoittavan kamppailua satelliittipalveluiden käytettävyydestä. Sota ratkaistaan toimilla muissa toimintaympäristöissä, mutta avaruuden käyttö – tai kyvyttömyys siihen – voi vaikuttaa menestykseen muissa

toimintaympäristöissä. Avaruussodankäynnissä ei ole kyse siis vain osapuolten välisestä avaruussuorituskykyjen kamppailusta, vaan moniulotteisesta sodankäynnin kokonaisuuteen liittyvästä kamppailusta (Kuva 2).

Satelliittien, kuten myös kaupallisten satelliittipalveluiden, hyödyntäminen on ollut osa sodankäyntiä jo Vietnamin ja Persianlahden sodista alkaen. Ukrainassa kaupallisten satelliittien hyödyntäminen on ollut kuitenkin huomattavasti laajempaa. Ukrainan sodan voi nähdä olevan ensimmäinen sota, jossa molempien osapuolien suorituskyvyt ovat olleet riippuvaisia avaruusjärjestelmistä. Ukraina on tukeutunut vahvasti kaupallisiin avaruusjärjestelmiin. Vastaavasti Venäjä on käyttänyt lähinnä omia valtiollisia kykyjään. Ukrainan käyttämät länsimaiset kaupalliset palvelut ovat Venäjän kykyjä kehittyneempiä, mutta palveluissa on ollut katkoja poliittisten ja taloudellisten erimielisyyksien vuoksi. Sodankäynti on myös kohdistunut sodan ulkopuolisista valtioista peräisin olevien avaruusalan yritysten järjestelmiin.

Ukraina on samalla toiminut näyteikkunana ja koekenttänä uudelle sotateknologialle niin avaruussuorituskykyjen kuin muidenkin osalta. Ukrainan sodan perusteella voi to-



Kuva 2. Avaruudella ei ole merkitystä itsessään, vaan se muodostuu satelliittien tuesta sodankäynnille muissa toimintaympäristöissä. (Kuva: Juuso Liekkilä)

deta, että kaupallisista avaruuspalveluista on tullut kiinteä osa modernia sodankäyntiä. Kaupallisen avaruustoiminnan merkitys ja asevoimien kyky ketterästi ottaa uusia palveluita käyttöön tarvittaessa todennäköisesti säilyvät myös muissa tulevaisuuden konflikteissa.

Kaikkia Ukrainaa koskevia havaintoja ei voi kuitenkaan yleistää muihin tulevaisuuden konflikteihin. Esimerkiksi Ukrainan tukeen on vaikuttanut voimakkaasti geopoliittinen tilanne ja suurvaltakamppailu. Tämän vuoksi ei voi olettaa, että kaikissa konflikteissa toinen osapuoli saa länsimaisten kaupallisten palveluiden käyttöön yhtä vahvaa tukea tai ylipäättään että kaupalliset palvelut olisivat laajasti vain yhden osapuolen käytettävissä.

Kaupallisten avaruuspalveluiden hyödyt ja haitat asevoimille

Kaupallisten palveluiden käyttöön liittyy useita hyötyjä:

- Kustannustehokkuus

Useiden haastateltavien mukaan kaupalliset palvelut tarjoavat suuremman suorituskyvyn samalla rahalla kuin asevoimien omat järjestelmät. Lisäksi palveluiden hankinta mahdollistaa pienempien valtioiden pääsyn suorituskykyihin, joita ne eivät pystyisi itsenäisesti kehittämään.

Palveluiden ostaminen myös mahdollistaa suorituskyvyn kasvattamisen ilman pitkäaikaisia investointeja tai suuria alkukustannuksia. Toisaalta osa haastateltavista huomautti, että elinkaarikustannukset eivät aina ole merkittävästi pienemmät, vaan jakautuvat eri tavalla kuin omia järjestelmiä käytettäessä.

- Ketteryyt ja riskinotto-kyky

Kaupallisen sektorin ketteryyt ja riskinotto-kyky nähtiin myös selvästi yritysten vahvuutena. Yritykset kehittävät uusia teknologioita jatkuvasti, jopa ilman tilauksia asevoimilta, mikä tarkoittaa, että uusia suorituskykyjä voi syntyä ennakoimattomasti. Ketterän ja nopean kehitysyklin ansiosta kaupalliset toimijat pystyvät tarjoamaan asevoimille uusinta teknologiaa käyttöön palveluina ilman pitkiä ja jäykkiä hankintaprosesseja.

- Palveluiden saatavuus

Palveluiden laaja tarjonta antaa asevoimille mahdollisuuden valita useiden palveluntarjoajien välillä tai hyödyntää niitä rinnakkain. Useiden palveluntarjoajien käyttö lisää varmuutta palveluiden jatkuvuudesta kaikissa olosuhteissa.

Kaupallisten palveluiden käyttöön liittyy myös merkittäviä riskejä:

- Turvallisuus

Useat haastateltavat olivat huolissaan siitä, että yritykset käsittelevät sotilaallisesti merkittävää tietoa, joka voi tahattomasti tai tahallisesti päätyä kolmansien osapuolien haltuun. Jo normaalioloissa yrityksiin saattaa kohdistua asevoimien palveluntuotannon takia lisääntyntä tiedustelutoimintaa.

Poikkeusoloissa yrityksen henkilöstöön tai järjestelmiin voi kohdistua myös sotilaallista vaikuttamista. Sotaa käyville asevoimille palveluita myyviä yrityksiä voi usein myös pitää sodan oikeussääntöjen näkökulmasta sotilaskohteina, vaikka tämä edellyttääkin aina tapauskohtaista harkintaa. Yritykset lähtökohtaisesti huomioivat tämän kohonneen riskin hinnoitellessaan palveluitaan.

- Palveluiden saatavuus poikkeusoloissa

Yritykset voivat lopettaa palveluiden tarjoamisen muun muassa liiketaloudellisista syistä, tai ulkomaisten yritysten palveluiden saatavuuteen voi vaikuttaa yritysten kotivaltioiden ulkopoliittikka. Lisäksi mikäli poikkeusoloissa palveluiden kysyntä lisääntyy merkittävästi ja palvelukapasiteettia ei riitä kaikille, yritykset voivat priorisoida suurimpia asiakkaita pienten kustannuksella. Yritysten ja asevoimien välisen yhteistyön ja riippuvuuksien hallinta on yksi tulevaisuuden keskeisistä haasteista.

- Palveluiden vahva integrointi asevoimien toimintaan

Palveluiden teknisen integroinnin ja tarvittavien rajapintojen lisäksi tämä sisältää muun muassa yritysten ottamisen mukaan asevoimien suunnitteluun, harjoitteluun ja päivittäiseen operointiin. Yhteistyön ei voi olettaa toimivan saumattomasti poikkeusoloissa, jos siihen ei ole luotu riittävän vahvaa pohjaa etukäteen normaalioloissa.

Kaupallisten palveluiden käyttö valtioiden tai asevoimien omien järjestelmien sijaan on aina kompromissi uuden teknologian käyttöön saamisen sekä luotettavuuden ja turvallisuuden välillä, mutta palveluiden tuomia mahdollisuuksia ei pidä jättää hyödyntämättä riskeihin vedoten. Sopivan tasapainon löytäminen asevoimien omien suorituskykyjen ja ostettujen palveluiden välillä on tärkeää. Monessa tapauksessa kumpiakin tarvitaan, koska pelkästään kaupallisiin palveluihin tukeutuminen voi tuoda asevoimille liian suuria operatiivisia riskejä.

Lisäksi kaupallisia palveluita on tällä hetkellä saatavissa vain osaan toiminnoista, jolloin osa käyttötarkoituksista tulee jatkossakin edellyttämään valtiollisten järjestelmien rakentamista. Vastaavasti taas asevoimien ei kannata hankkia itselleen suorituskykyjä, joita on hyvin saatavilla markkinoilta palveluina ja joiden käytettävyys kaikissa olosuhteissa on jo varmistettu esimerkiksi kansallisella lainsäädännöllä.

Yhteenveto

Tutkimuksessa havaittiin, että kaupallisen avaruusalan nopea kasvu ja teknologinen kehitys ovat tehneet avaruustoimintojen ulkoistamisesta houkuttelevaa asevoimille. Yritykset kykenevät tarjoamaan suorituskykyjä, jotka ovat joillakin

osa-alueilla asevoimien omia järjestelmiä suorituskykyisempiä.

Myös Suomessa puolustushallinnon täytyy tarkastella, miten kaupallisten avaruuspalveluiden käyttöön suhtaudutaan. Mihin käyttötarkoituksiin ja toimintoihin kaupallisia avaruuspalveluita voidaan hyödyntää ja minkä osalta taas Puolustusvoimat ei voi jättäytyä yritysten palveluiden varaan? Lisäksi Puolustusvoimien täytyy harkita, miten yritysten palvelut integroidaan osaksi Puolustusvoimien toimintaa ja missä laajuudessa: nähdäänkö yritysten palvelut ensisijaisesti omia suorituskykyjä täydentävinä ratkaisuin vai integroidaanko palvelut täysimääräisesti osaksi puolustusjärjestelmää?

Kirjoittaja:

Komentajakapteeni Juuso Liekkilä työskentelee Maanpuolustuskorkeakoulussa avaruussotaopin opettajana ja tekee väitöskirjaa avaruuden sotilaallisesta käytöstä.

Kokeilutoiminta

– Suomen puolustusvalmiuden edistämistä kylmän sodan vuosina



Ferguson-maataloustraktori kovassa testissä. Peräkärjessä kranaatinheitin ja miehistöä traktorikokeiluissa Hämeenlinnassa kesällä 1951. (Kuva: Nurminen/Sotamuseo/Puolustusvoimat)

Puolustusvalmiuden kehittämiseen tähdännyt kokeilutoiminta oli kiinteä osa sotavarustuksen, asetekniikan ja sodankäynnin taidollisen osaamisen edistämistä Puolustusvoimissa toisen maailmansodan jälkeisinä vuosikymmeninä.

Toinen maailmansota päättyi vuonna 1945 sen jälkeen, kun Yhdysvaltojen elokuussa 1945 Japaniin pudottamat atomipommit olivat aiheuttaneet ennennäkemätöntä tuhoa. Sodan päättyminen ei taannut sukupolvien mittaista rauhantilaa, vaan suurvaltojen – Yhdysvaltojen ja Neuvostoliiton – johtamien liittoumien välinen kylmä sota alkoi vain muutama vuosi myöhemmin.

Suomi selviytyi toisen maailmansodan myllerryksestä rauhantilaan itsenäisyytensä säilyttäen. Suomen puolustusvoimat oli täytännyt sodanajan tehtävänsä. Toisen maailmansodan jälkeiset rauhan vuodet olivat Suomessa epävarmuuden aikaa, sillä Neuvostoliiton uhka oli yhä todellinen, vaikka vuonna 1948 Suomen ja Neuvostoliiton välille solmittu YYA-sopimus loi periaatteessa perustan rauhanomaiselle rinnakkaiselolle.

Toisen maailmansodan jälkeisinä vuosikymmeninä Suomen puolustusvalmiutta kehitettiin hyvin niukoilla voimavaroilla. Suunnitteleman ja toteuttamansa kokeilutoiminnan avulla Puolustusvoimat kuitenkin kykeni kehittämään tarvitsemaansa sotavarustusta, asejärjestelmiä ja sodankäynnin taidollista osaamista. Osa kokeiluista juonsi juurensa toisen maailmansodan ajan kokemuksiin sekä aiempiin kokeiluihin, kun taas osa kokeiluista oli saatu vasta käyntiin, kun uusi laki Puolustusvoimista astui voimaan vuonna 1974.

Tämä artikkeli perustuu apulaisprofessori Mikko Karjalaisen ja professori Petteri Joukon toimittamaan teokseen Puolustusvoimien kokeilutoiminta kylmässä sodassa 1945–1974 – Kokeilutoiminnan historialliset juuret, osa III. Teoksen kirjoittajina on 17 sotahistorian ammattitutkijaa. 30 tutkimusartikkelia sisältävä teos on vapaasti luettavissa Doria-julkaisualustalta (<https://www.doria.fi/handle/10024/192367>).

Kova tarve kokeilla

Toisesta maailmansodasta rauhanaikaan siirtyminen ei poistanut Suomen puolustusvoimien kokeilutoiminnan tarvet-

ta, päinvastoin. Aktiivisen kokeilutoiminnan pontimena oli monia tekijöitä:

1. Toisen maailmansodan voittajavaltiot Neuvostoliiton ja Ison-Britannian johdolla pyrkivät sodan päätyttyä rajoittamaan Suomen puolustusvoimien toimintamahdollisuuksia hyvin voimakkaasti.
2. Sotavuosina 1939–1945 kykynsä todistanut aseistus, varustus ja osaaminen vanhenivat suomalaisten maanpuolustajien käsiin.
3. Vuonna 1947 solmittu Pariisin rauhansopimus loi Suomen puolustusvoimien kehitystyölle merkittäviä rajoitteita.

Osa Puolustusvoimien kokeiluista suunniteltiin seikkaperäisesti etukäteen, osa kokeiluista epäonnistui ja osa kokeiluista jäi suunnittelupöydälle ilman, että niitä edes aloitettiin. Kesän 1944 torjuntataisteluissa saksalaiset lähipanssarintorjunta-aseet – panssarinyrkit ja panssarinkauhut – olivat näyttäneet voimansa. Sodanjälkeisinä vuosina niiden käyttöarvo vanheni nopeasti.

Uusia panssarintorjunta-aseita – kevyitä ja raskaita sinkoja – kehitettiin ja otettiin virallisesti käyttöön vuosina 1955 ja 1957. Uusiin aseisiin oltiin tyytyväisiä, ja niiden ominaisuudet jopa osin ylittivät odotukset. Esimerkiksi kevyellä singolla päästiin jopa 300 metrin ampumaetäisyyteen. Kokeiluilla oli oma tärkeä merkityksensä sinkojen suunnittelussa ja käyttöönotossa.

Vastakkaisena esimerkkinä voi nostaa esiin kotimaisen panssarivaunun rakentamishankkeen, mutta se jäi kesken jo ennen varsinaisia kokeiluita. Panssarivaunun suunnittelussa ja rakentamisessa oli kyse monimutkaisen asejärjestelmän kokoonpanosta. Tällaiseen Suomessa ei ollut vielä 1950–1960-lukujen vaihteessa osaamista, puhumattakaan traditiosta.

Puolustusvoimien resurssit olivat kylmän sodan vuosina hyvin niukat. Tarvittiin uusia, aiempaa edullisempia, toimivampia ja helpommin käyttöön otettavia sotavarusteita, ase-tekniisiä ratkaisuja ja sodankäynnin taidollisia innovaatioita. Kokeilutoiminnan voikin nähdä tutkijoiden, insinöörien, kemistien, fyysikoiden ja matemaatikoiden keinona kamppailulla vihollista vastaan.

Tekniikan kehitys pakotti kokeilemaan

Toisen maailmansodan jälkeisinä vuosikymmeninä kokeilujen tarve oli tekniikan nopean kehityksen vuoksi moninkertainen käytössä olleisiin voimavaroihin nähden. Merkittävä osa kokeilutoiminnasta kohdennettiin sotilasteknillisiin ratkaisuihin. Tuolloinkin Suomen puolustusvoimien piti yrittää pysytellä yleisen teknisen kehityksen matkassa.

Varojen puutteen vuoksi sotateknillinen perustutkimus jäi melko suppeaksi, joten kehitys- ja kokeilutoiminnan painopiste oli käytännön sovelluksissa. Juuri käytännönläheisyys oli leimaa-antavaa koko Puolustusvoimien kehitys- ja kokeilutoiminnalle. Niukat resurssit oli suunnattava kohteisiin, joista oli konkreettista hyötyä ja joilla kohennettiin Puolustusvoimien suorituskykyä.

Esimerkkinä konkreettisesta kokeilutoiminnasta voi nostaa Ilmavoimien maantietukikohtien rakentamiseen liittyvät kokeilut. Tavoitteena oli 1950-luvun puolivälistä eteenpäin laajentaa ja tihentää uusille hävittäjäkonetyypeille tarvittavaa lentokenttäverkostoa. Maantietukikohtien rakentaminen vastasi juuri näihin tavoitteisiin, ja kokeilutoiminnalla pystyttiin varmistamaan maantietukikohtien turvallisuus ja sopivuus hävittäjälaivueiden käyttöön. Näiden kokeilujen myötä nykyäänkin käytössä olevien maantietukikohtien käyttöönotto mahdollistui.

Suomen sotilaspoliittinen liikkumatila oli kylmän sodan vuosina hyvin minimaalinen. Sotilaallinen yhteistyö Neuvostoliiton kanssa haluttiin häilyvän puolueettomuusaseaman vuoksi rajoittaa mahdollisimman pieneksi. Tiedonhankinta tai materiaalihankinnat länsimaista olivat samaan aikaan hyvin ongelmallisia. Suomi ei neuvostosuhteittensa säilyttämisen vuoksi voinut tehdä täysimittaista sotilasteknillistä tutkimusyhteistyötä länsimaiden kanssa. Tämä pakotti kokeilemaan monia sotilasteknillisiä kehityskohteita itsenäisesti.

Onnistumisia ja epäonnistumisia

Toisen maailmansodan jälkeisinä vuosikymmeninä kokeilutoiminnan suunnitelmallisuus ja käytettävissä olevat resurssit kasvoivat ja johtaminen jäntevöityi. Siinä missä yksittäinen kokeilu saattoi onnistua erinomaisesti luoden uuden sotavarusteen tai tehokkaamman asejärjestelmän, oli kokeilutoiminnan organisoinnissa kuitenkin edelleen paljonkin kehittämisen tarvetta.

Osa kokeiluista oli pitempikestoisia, kun taas osa suunniteltiin ja toteutettiin hyvin nopeassa aikataulussa. Esimerkiksi maataloustraktoreiden hyödyntämistä joukkojen liikkuvuuden kasvattamiseksi kokeiltiin vuosikymmenten ajan. Kehitystyössä myös onnistuttiin. Jalkaväen tarkastaja kirjoitti loppuvuodesta 1957, että maataloustraktori oli osoittautunut parhaimmaksi kuljetusvälineeksi jalkaväen liikkuvuuden kehittämiseksi. Traktorin kuljetuskapasiteetti vastasi ainakin viittä tai jopa kymmentä hevosta, ja suomaastossa lisäteloilla varustettu traktori kulki paljon paremmin kuin hevonen. Traktoreita oli Suomessa tuolloin jo yli 50 000, joten Puolustusvoimat pystyi valitsemaan kriisitilanteessa niistä sopivimmat käyttöönsä.



MiG-21F-13-hävittäjä Hirolan maantietukikohdan seisontapaikalla Mikkelin pohjoispuolella vuonna 1980. (Kuva: Jukka Nuutinen/Sotamuseo/Puolustusvoimat)

Kokeilutoiminta oli Puolustusvoimien kehitystyön yksi tärkeimmistä lenkeistä, joka mahdollisti uskottavan kansallisen puolustusjärjestelmän synnyttämisen niukkaakin niukemmillä resursseilla kylmän sodan vuosikymmeninä. On syytä tiedostaa, että monet tuon aikakauden kokeilujen tuloksista ovat muodostaneet perustan nykypäivän ratkaisuille. Toisek-

si monet kylmän sodan ajan kokeilutoiminnassa esiintyneet vahvuudet ja haasteet ovat tuttuja myös nykypäivän kehittäjille.

Ihminen on edelleen kokeilutoiminnan keskiössä niin onnistumisen kuin harhalaukauksen hetkellä.

Kirjoittaja:

Filosofian tohtori Mikko Karjalainen toimii sotahistorian apulaisprofessorina Maanpuolustuskorkeakoulun Sotataidon laitoksessa.

Suomen tulevaisuuden operaatioympäristön muutostekijöitä



Sodankäynnin fyysinen ulottuvuus on edelleen läsnä tulevaisuuden operaatioympäristössä. (Kuva: Sisu Koironen/Puolustusvoimat)

Suomen sijainti Euroopan koillisnurkassa Venäjän rajanaapurina asettaa sotilaalliselle maanpuolustukselle suuret vaatimukset. Samalla maailma tuntuu muuttuvan kiihtyvällä tahdilla. Kansallisen turvallisuuden takaamiseksi on kriittisen tärkeää ennakoita tulevaa ja arvioida niitä olosuhteita, joissa turvallisuutta rakennetaan tulevina vuosikymmeninä.

Euroopan turvallisuusympäristö on muuttunut pitkäaikaisesti ja perustavanlaatuisesti Venäjän hyökättyä Ukraina. Jännitteeseen tilanteeseen ei näy muutosta näköpiirissä olevassa tulevaisuudessa. Suomi on Euroopan puolustuksen etulinjassa, eikä sotilaallisen voiman käyttöä Suomea vastaan voi sulkea pois. Myös Nato-jäsenyyden aikana Suomen täytyy valmistautua puolustamaan itseään. Maailma on täynnä epävarmuutta, ja tulevaisuuden operaatioympäristö – olosuhteet, joissa Suomi sotilaallisesti toimii – voi kehittyä mo-
neen eri suuntaan.

Tässä artikkelissa tarkastellaan Suomen operaatioympäristöä määrittäviä tekijöitä 15 vuoden aikajänteellä. Tarkastelu

jäsenyyden viiden laajan muutostekijän ilmentymiin Suomen operaatioympäristössä. Muutostekijöitä ovat:

- suurvaltakamppailu
- turvallisuusympäristössä vaikuttavat uhkat
- Suomen liittolaissuhteet
- sodankäynti ja suorituskyvyt
- yhteiskunta ja kokonaisuomaanpuolustus.

Teksti perustuu Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen Doktriiniosaston vuonna 2025 toimeenpanemaan Suomen tulevaisuuden operaatioympäristö 2040 -tutkimukseen.

Suurvaltakamppailu

Suurvallat – erityisesti Yhdysvallat ja Kiina – käyvät keskinäistä kamppailua poliittisella, taloudellisella, teknologisella ja sotilaallisella rintamalla. Vaikka Suomen rooli tässä vallan uusjaossa on rajallinen, juuri suurvaltakamppailun tulevaisuus antaa raamit Suomen tulevaisuuden operaatioympäristölle.

Tästä näkökulmasta erityisesti seuraavat tekijät voidaan nähdä merkityksellisinä:

- suurvaltakamppailun säännöt ja toimintatavat
- Yhdysvaltojen sitoutuminen Eurooppaan
- Kiinan rooli Euroopassa
- Venäjän pyrkimys suurvalta-asemaan
- suurvaltakamppailu arktisella alueella.

Suurvaltakamppailun säännöissä ja toimintatavoissa kyse on osin kirjoittamattomista säännöistä ja lähtökohdista, joilla suurvallat hakevat asemiaan muuttuvassa maailmanjärjestyksessä. Nähtävissä on, että valtioiden rauhanomaisuus ja yhteistyöhalukkuus sekä toisten valtioiden itsemääräämisoikeuden ja suvereniteetin kunnioittaminen eivät ole tulevaisuudessa itsestäänselvyyskysymyksiä.

Suurvallat saattavat käyttää sekä kovaa että pehmeää valtaa suurvaltakamppailun välineinä. Näitä ovat sotilaallinen voima, taloudelliset vipuvarret ja houkuttimet sekä erilaiset kumppanuudet.

Yhdysvaltojen sitoutuminen Euroopan turvallisuuteen on Suomen näkökulmasta erittäin merkityksellinen tekijä. Kiinan vaikutusvallan rajoittaminen vahventamalla sotilaallista pelotetta on noussut tärkeäksi osaksi Yhdysvaltojen ulkopolitiikkaa. On mahdollista, että Yhdysvallat siirtää Euroopassa olevia joukkojaan ja suorituskykyjään indopasifiselle alueelle Kiinan kunnianhimoisten valtapyrkimysten vuoksi.

Tällä olisi suoria seurauksia Euroopan turvallisuudelle. Toisaalta on tuskin Yhdysvaltojen strategisten intressien mukaista hylätä Eurooppaa täysin, vaikka transatlanttista suhdetta koetellaan vaihtuvien poliittisten tuulten pyönteissä.

Suurvaltakamppailun myötä Kiinan kiinnostus arktiseen alueeseen jatkaa kasvuaan erityisesti alueen luonnonvarojen ja avautuvien merireittien vuoksi. Maa pyrkii varmistamaan alueelliset etunsa yhteistyöllä Venäjän kanssa.

Kiina saattaa myös tavoitella vaikutusvaltaa Euroopassa laajemmin luomalla itsestään teknologista ja kaupallista vaihtoehtoa Yhdysvalloille. Toisaalta Yhdysvaltojen painopisteen vakiintuminen indopasifiselle alueelle sitoo Kiinan sotilaallisia voimavaroja lähialueilleen ja rajoittaa maan kykyä sotilaalliseen läsnäoloon Euroopassa.

Suomen näkökulmasta Venäjä säilyy kolmantena suurvaltana, joka ei sitoudu kansainvälisiin sääntöihin. Etupiirin rakentaminen on Venäjälle keino tavoitella pysyviä strategisia intressejä eli suurvalta-asemaa ja kansainvälistä vaikutusvaltaa. Yhdysvaltojen painopisteen siirtyminen Aasiaan voi Venäjän silmissä antaa sille mahdollisuuden laajentaa etupiiriänsä Euroopassa voimakkein.

Ydinasesuorituskyvyt säilyvät tärkeänä osana Venäjän pyrkimyksissä esiintyä suurvaltana. Taloudelliset resurssit hidastavat mutta eivät estä asevoimien kehittämistä, mikä luo epävarmuutta Venäjän mahdollisuuksiin ja aikatauluun käyttäen asevoimia suurvalta-aseman rakentamiseen.

Arktinen alue säilyy strategisesti tärkeänä ja suurvalloille merkityksellisenä alueena. Suurvalloilla on arktisella alueella potentiaalisesti ristiriitaisia intressejä muun muassa luonnonvarojen vuoksi. Mannertenvälisen ohjusten lyhyin lentorata Aasian ja Pohjois-Amerikan mantereiden välillä kulkee alueen läpi. Venäjälle alueen merkitystä korostavat sen Kuolan niemimaalle sijoittamat strategiset ydinasesuorituskyvyt.

Turvallisuusympäristöstä nousevat uhat

Turvallisuusympäristöstä nousevien uhkien taustalla on – toisin kuin suurvaltakamppailussa – Suomen välittömässä läheisyydessä vaikuttavat tekijät. Venäjä säilyy sotilaallisena uhkana Suomelle ja määrittelee valtaosin Suomen operaatioympäristön akuutin uhkatason.

Venäjä on kokenut strategisen tappion Suomen ja Ruotsin Nato-jäsenyyksien myötä, ja on todennäköistä, että tulevina vuosina se vahvistaa Suomen lähialueilla olevia Leningradin sotilaspiirin joukkoja. Arktisen alueen korostuva merkitys lisää Venäjän kiinnostusta luoteiseen suuntaansa. Venäjän muodostaman sotilaallisen uhkan kehittyminen on kuitenkin voimakkaasti riippuvainen Ukrainan sodan tilanteen kehittymisestä. Julkilausutut kehittämissuunnitelmat eivät välttämättä muutu suorituskyvyksi toivotulla aikataululla.

Venäjä-kysymys ei kuitenkaan ole vain sotilaallinen. Venäjä jatkaa vaikuttamista sodan kynnyksen alapuolella. Tämä laaja-alainen vaikuttaminen on Venäjän pysyvä väline horjuttaa Pohjois-Euroopan turvallisuutta ja valtioiden vakautta. Länsimaiden paikatessa haavoittuvuuksiaan Venäjä saattaa hakea yhä suurempia ja röyhkeämpiä keinoja taatakseen vaikuttavuuden. Oleellinen osa laaja-alaista vaikuttamista on informaatiovaikuttaminen, jolla pyritään saamaan aikaan vaikutuksia kognitiivisessa ulottuvuudessa – toisin sanoen vaikuttamaan ihmisten mieliin.

Suomen liittolaisuushteet

Jännitteisenä säilyvä turvallisuustilanne korostaa vahvan kansallisen puolustuskyvyn merkitystä myös tulevaisuudessa. Samalla on tärkeää huomioida liittolaisuuksien ja kumppanuuksien merkitys Suomelle. Suomen kaltaisen pienen toimijan on vaikea selviytyä aggressiivisen sotilaallisen suurvallan naapurina ilman ulkopuolista tukea. Suomen kannalta on tärkeää varmistaa kyykkäiden ja halukkaiden

kumppanien olemassaolo, tapahtui yhteistyö missä kehkeyksessä hyvänsä.

Euroopan unioni on Suomelle keskeinen poliittinen yhteistyöfoorumi. Geopoliittiset kysymykset painottuvat EU:n agendalla, mutta se ei ole kehittymässä Natolle kilpailevaksi toimijaksi.

Poliittisen yhteenkuuluvuuden lisäksi EU:n merkitys Suomen operaatioympäristön kannalta liittyy ennen kaikkea Euroopan maiden sotilaallisen suorituskyvyn rakentamiseen. Suorituskyky-yhteistyö, eurooppalaisen puolustustehollisuuden tukeminen sekä huoltovarmuuden kysymykset mukaan lukien sotilaallinen liikkuvuus ovat teemoja, joiden kautta EU vaikuttaa Suomen operaatioympäristöön.

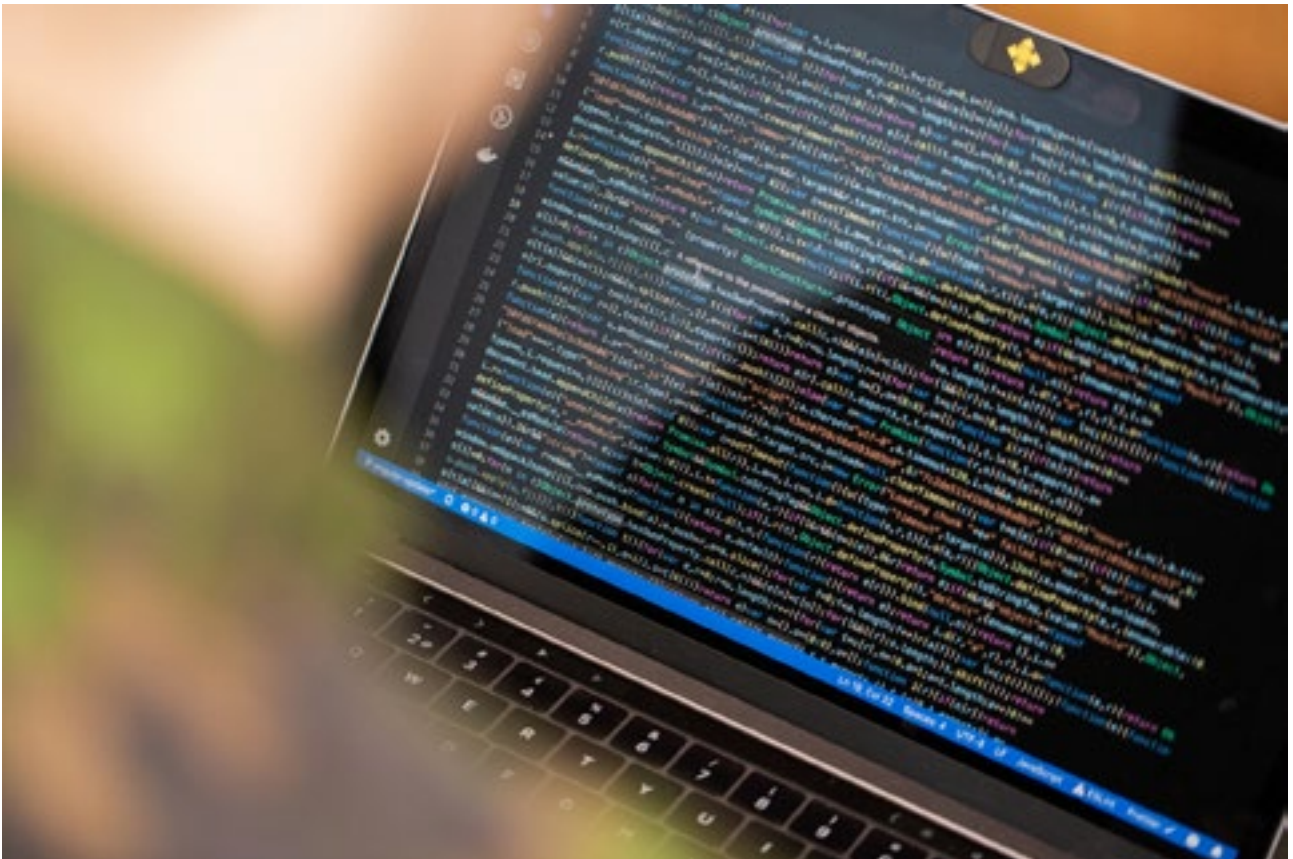
Suomen operaatioympäristön kannalta keskeinen sotilaallinen toimija on Nato. Nato on läpi historiansa osoittanut kykynsä mukautua muuttuvaan uhkaympäristöön. Sopeutuminen erilaisiin tilanteisiin ei ole tapahtunut nopeasti tai ilman sisäisiä kiistoja, mutta halu pitää yllä kollektiivista turvallisuutta on ollut näitä vaikeuksia suurempi.

Suomen kannalta kriittistä on liittokunnan pelotteen ja puolustuksen käytännön toimeenpanon eteneminen. Lisäksi pohjoisen alueen merkitys tulee tunnustaa Naton sisällä.

Alueellisten maaryhmittymien rooli Naton pelotteen ja puolustuksen toimeenpanossa vahvistuu liittokunnan jäsenmaiden painotuksiltaan eriävien uhkakuvien ja suorituskykyjen myötä. Nato-jäsenyydestä huolimatta kahden- ja monenvälisen puolustusyhteistyön kehittäminen siis jatkuu. Alueellisten maaryhmittymien integrointi eurooppalaiseen Nato-vetoiseen turvallisuusarkkitehtuuriin on tärkeä osa Suomen operaatioympäristön rakentamista.

Sodankäynti ja suorituskyvyt

Tulevan sodankäynnin luonne vaikuttaa merkittäväällä tavalla Suomen operaatioympäristöön. Sodankäynti säilyy valtioiden keinovalikoimassa, mutta sen rooliin liittyy epävarmuutta. Jos sotilaallinen voima nähdään jatkossa yhä hyväksytympänä ja tehokkaampana vallan instrumenttina, on mahdollista, että asevoiman käyttö arkipäiväistyy entisestään.



Tulevaisuuden operaatioympäristö on kokonaisvaltainen tila sisältäen muun muassa kybertoimintaympäristön. (Kuva: Puolustusvoimat)

Sotilaallisten suorituskykyjen ja niiden osana murroksellisten teknologioiden – esimerkiksi tekoälyn, kvanttitekniikan ja robotiikan – kehitys tekee operaatioympäristöstä yhä läpinäkyvämmän ja dynaamisemman. Perinteisten maa-, meri- ja ilmatoimintaympäristöjen ohella kyber-, avaruus- ja informaatioympäristöjen merkitys ei ainakaan vähene.

Tulevaa ennakoitaessa on hyvä muistaa, että 2040-luvun suorituskyvyistä merkittävä osa on käytössä jo tällä hetkellä, joten suorituskykyjen kehitys tuottaa sodankäyntiin pikemminkin evoluutiota kuin revoluutiota. Ase–vasta-ase–kilpailun myötä uudet teknologiat eivät välttämättä muuta taistelutaktikan dynamiikkaa ratkaisevasti.

Osana sodankäyntiä ydinaseet säilyvät valtioiden turvallisuuden äärimmäisenä takeena. Uskottavan ydinasepelotteen ylläpito vaatii kaikkia toimijoita modernisoimaan ydinase-suorituskykyjään, joten ydinasevarustelu jatkuu. Keskeinen ydinaseisiin liittyvä epävarmuus on, muuttuvatko ne pelotteen rakentamisen välineestä yhä enemmän sodankäynnin keinoksi.

Ilmaston- ja ympäristömuutoksen myötä fyysiset olosuhteet Suomen operaatioympäristössä muuttuvat, ja niillä on vaikutuksensa myös sodankäyntiin. Jääpeite arktisella alueella supistuu, keskilämpötila nousee ja sään ääri-ilmiöt yleistyvät. Esimerkiksi roudan ja lumipeitteen määrä sekä talven pituus eivät välttämättä enää noudata aiemmin omaksuttuja oletuksia. Toisaalta Suomen operaatioympäristössä 2040 joudutaan edelleen toimimaan neljän keskenään erilaisen vuodenajan olosuhteissa.

Yhteiskunta ja kokonaismaanpuolustus

Suomen puolustus toimeenpannaan myös tulevaisuudessa osana yhteiskuntaa. Yhteiskunnalliset tekijät, kuten kansalaisten asenteet, yhteiskunnan ilmapiiri sekä fyysiset ja organisatoriset rakenteet, luovat perustan sotilaallisen maanpuolustuksen toimeenpanolle. Samalla niissä tapahtuvat muutokset saattavat vaikuttaa operoinnin edellytyksiin.

Erityisesti maanpuolustustahdon merkitys on kriittisen tärkeä jokaisen kansalaisen maanpuolustusvelvollisuuteen ja laajaan reserviin perustuvassa järjestelmässä. Muuttuvan yhteiskunnan myötä maanpuolustustahdon säilyminen ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys. Yhteiskunta polarisoituu monessa suhteessa. Yksilöiden henkinen kriisinkestävyys ja kyky toimia osana yhteiskuntaa eriytyvät siten, että osalla valmiudet huolehtia itsestään heikkenevät. Alueellisen erilaistumisen kehitys jatkuu, jolloin väestö keskittyy kaupunkikeskuksiin ja harvaan asutuilla alueilla palvelut ja muut elämisen edellytykset heikkenevät. Nämä muutokset saattavat heijastua myös maanpuolustusasenteisiin.

Myös sotilaallisen maanpuolustuksen resurssit tulevat yhteiskunnalta. Nato on asettanut tavoitteeksi jäsenmaiden viiden prosentin puolustusmenot suhteessa bruttokansantuotteeseen vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteena olevasta viidestä prosentista 1,5 prosenttia voidaan kohdentaa siviilivalmiuden ja resilienssin parantamiseen, puolustusteollisen perustan vahvistamiseen sekä muihin puolustusta tukeviin toimintoihin. Operaatioympäristö asettaa paineita resurssien lisäämiseen, mutta samalla yhteiskunnalla on monia muitakin menopaineita.

Lopuksi

Operaatioympäristö vuonna 2040 asettaa suuret vaatimukset oman puolustuskyvyn kehittämiseksi osana liittokuntaa. Tulevassa operaatioympäristössä on läsnä sekä laajamittaisen että yllätyksellisen sotilaallisen voimankäytön uhka. Operaatioympäristö ei ole yksinomaan maantieteellinen alue, vaan sisältää myös avaruus-, kyber- ja informaatioulottuvuudet sekä sähkömagneettisen spektrin. Kyseessä on kokonaisvaltainen tila, jossa operoidaan – Naton jäsenenä tarvittaessa myös Suomen rajojen ulkopuolella.

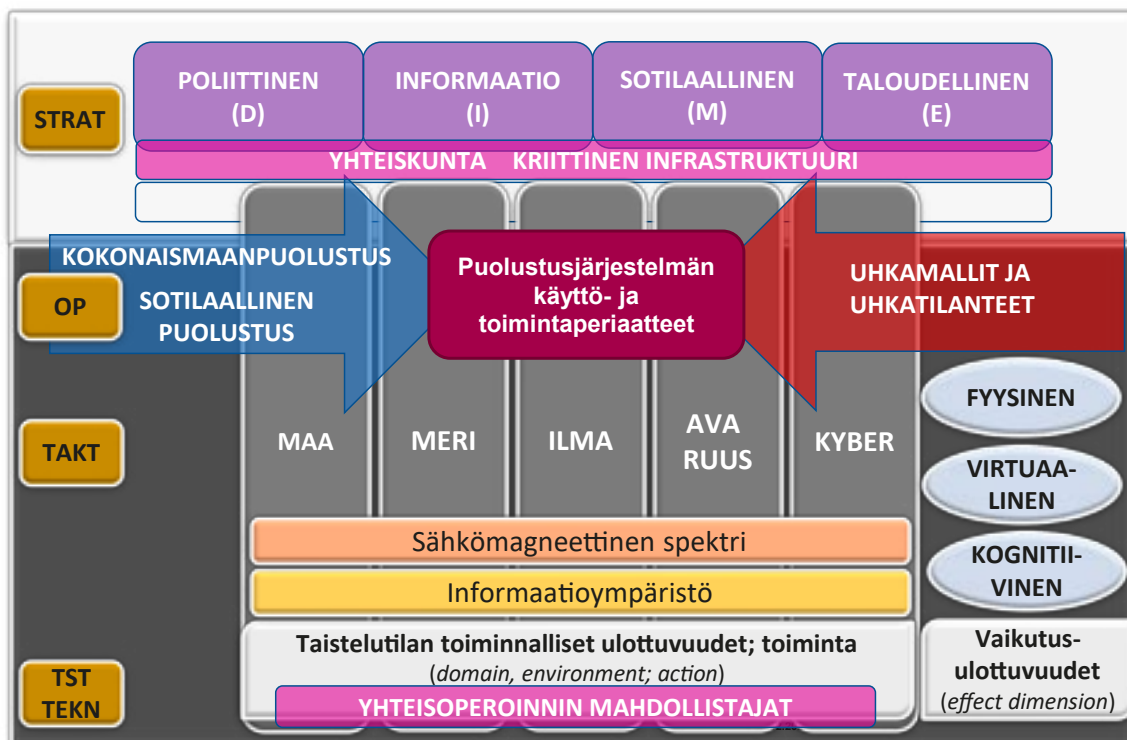
Suomen operaatioympäristön tulevaisuus on monessa suhteessa sidoksissa ulkoiseen kehitykseen. Sopeutuminen muutoksiin on väistämättä pienen maan sotilaallisen suorituskyvyn kehittämisen lähtökohta. Samalla Suomen asema on historiallisesti tarkasteltuna muuttunut. Suomella on Naton jäsenenä uudella tavalla mahdollisuus vastata ja osittain myös vaikuttaa operaatioympäristöön. Tulevaisuuden operaatioympäristö ei enää ole pelkästään jotain, johon tulee sopeutua.

Kirjoittaja:

Majuri Antti Pihlajamaa toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosaston strategian ja toimintaympäristön tutkimusallalla.

Operointia vai multi-domain-ope- rointia

– voisiko MDO:n jo unohtaa?



Sodan ja taistelun kuvan teoreettinen viitekehys (Tähtinen, 2024) ilmentää MDO-ajattelua. Kuvaan on lisätty FIN MDO -tutkimuksessa puolustusjärjestelmän käyttö ja toimintaperiaatteet. (Kuva: Janne Tähtinen)

Multi-domain Operations (MDO) tai laajemmin multi-domain-operointi, kuten olemme käsitteellistäneet ilmiön tutkimuksessa, lienee tullut jäädäkseen. Samaan aikaan tekee mieli todeta, että operointikonsepti voisi toimia ilman MD-etuliitettä. MDO-konsepti jalkautui Puolustusvoimiin nopeassa tahdissa Naton uudistettua doktriiniaan Suomen hakuprosessin ollessa vielä käynnissä. Osin tästä syystä MDO-käsitteen ja -ajattelun käyttöönottoa tehtiin ilman ajoissa tehtyä perus- ja soveltavaa tutkimusta. Tämän vuoksi MDO-etuliite liitettiin hyvinkin erilaisiin kokonaisuuksiin.

Nyt ilmiötä on lähestytty myös tutkimuksen keinoin. Pyrimme tässä artikkelissa avaamaan julkisella tasolla sekä MDO-käsitteen monitulkintaisuuden mukanaan tuomia

haasteita että niitä perusteita, joita MDO-ajattelu on tuonut puolustusjärjestelmäkonseptin ja Puolustusvoimien operoinnin kehittämiseen.

Multi-domain-operoinnista on useita eri tulkintoja. Eri toimijoiden konsepteissa ja ratkaisuissa korostuvat eri johtamistasojen asiakokonaisuudet. Multi-domain-operoinnin lähestymistavat ovat hyvin konseptuaalisia, mutta toisaalta esimerkiksi Yhdysvaltain maavoimat rakentaa jo multi-domain-joukkoja ja on vakiinnuttanut multi-domain-operoinnin periaatteet kenttäohjesääntöihin. Multi-domain-operointi on laaja kokonaisuus, joka ulottuu taistelutilan kill-web-järjestelmästä aina strategisen tason yhteistoimintaan. Kill-web edustaa kokonaisuudessa kerroksittaista cross-domain-synergiaa.

Sodan ja taistelun kuvan teoreettinen viitekehys (Tähtinen, 2024) toimi hieman muokattuna FIN MDO -tutkimuksen viitekehystenä. Viitekehys jäsentää sodan ja taistelun kuvan sodankäynnin eri tasoille strategisesta taistelutekniseen. Viitekehys huomioi strategisella tasolla kansallisen vallan välineet (*Diplomacy, Information, Military, Economic = DIME*) sekä operatiivisella ja taktisella tasolla taistelutilan, joka jäsennetään vaikutusulottuvuuksien (dimensio) ja toiminnallisten ulottuvuuksien (domain sekä informaatioympäristö ja sähkömagneettinen spektri) kautta.

MDO-käsite

Multi-Domain Operations (MDO) levisi käsitteenä kullovalkean tavoin Naton implementoitua sen osaksi doktriiniaan (AJP-01 *Allied Joint Doctrine*). Siihen saakka MDO oli tuttu lähinnä Yhdysvaltojen maavoimien konseptista, jossa ”uudella ajattelulla” nostettiin maavoimien roolia nopeiden ja yllätyksellisten *fait accompli* -operaatioiden estämisessä. MDO mahdollisti operoinnin A2/AD-vyöhykkeellä sekä vastustajan suorituskykyjen lamauttamisen. Konseptin ydin oli kuitenkin siinä, miten maavoimat taistelee osana laajempaa yhteisoperaatiota tuettuna yhteisillä suorituskyvyillä.

MDO on Naton kontekstissa haastava kokonaisuus ymmärtää – niin käsitteellisesti kuin toiminnallisesti. Yhdysvaltojen maavoimat konseptoi MDO:n armeijakuntatason (vast.) joukkojen yhteyteen liitettävällä MDTF-kokoonpanolla (*Multi-Domain Task Force*). Sen avulla maavoimille luodaan kyky operoida nopeassa tilannekehityksessä kaikissa domeineissa sekä osaaminen taistella osana laajempaa kokonaisuutta huomioiden moniulotteinen (domainit ja dimensiot) taistelutila.

Yhdysvaltalaisessa ajattelussa operatiivisen tason ratkaisu on kaikki domainit huomioiva yhteisoperaatio, *Joint All-Domain Operation*. Iso-Britannia halusi yhdistää MDO-kokonaisuuteen hallinnon, viranomaiset ja liittolaiset, jolloin päädyttiin *Multi-Domain Integration* (MDI) -konseptiin, joskaan termi ei liene enää käytössä. Tästä olikin enää lyhyt askel Naton doktriiniin, jossa termiksi valittiin MDO. Ajattelumalli kattaa kaiken toiminnan strategiselta tasolta taktiselle.

MDO-käsitteen tai oikeastaan MDO-ajattelun taustalla on pyrkimys kaiken toiminnan synkronointiin niin, että operointi tuottaa toisiaan voimistavaa yhteisvaikutusta fyysisessä, virtuaalisessa ja kognitiivisessa vaikutusulottuvuudessa. Esimerkiksi fyysisessä vaikutusulottuvuudessa tuotetut kineettiset vaikutukset ja virtuaalisessa vaikutusulottuvuudessa tuotetut ei-kineettiset vaikutukset voivat lopulta tuottaa ratkaisevia vaikutuksia kognitiivisessa vaikutusulottuvuudessa. Vastustajan taistelumoraalin romahtaminen johtami-

sen eri tasoilla edellyttää kaikkien vaikutusulottuvuuksien hyödyntämistä.

MDO-ajattelun taustalla on myös merkittävä ajatus taistelutilan laajenemisesta kattamaan perinteisten maa-, meri- ja ilmadomainien lisäksi ”uudet” kyber- ja avaruusdomainit. MDO-ajattelu tähtää modernin uhkaympäristön ymmärtämiseen ja huomioimiseen kaikessa toiminnassa.

MDO-periaatteet

Naton MDO-konseptissa nostetaan esiin seuraavat neljä ohjaavaa periaatetta:

- yhtenäisyys (*Unity*)
- verkottuneisuus (*Interconnectivity*)
- luovuus (*Creativity*)
- ketteryys (*Agility*).

Muita yleisperiaatteita multi-domain-feroinnille ovat

- operaatiotempo ja jatkuvuus
- informaatioylivoima
- yhteinen tilanneymmärrys
- eri johtamistasojen integraatio.

Datakeskeisyys (*Datacentric Approach*) ja siihen liittyvät tekijät korostuvat sekä Naton että useissa kansallisissa konseptissa. Yhdysvaltain asevoimat rakentaa johtamisjärjestelmää, joka kytkee samaan verkkoon kaikki samaan operatioon osallistuvat sensorit, aselavetit sekä johtamispaikat. Eri domainien järjestelmien liittäminen samaan verkkoon tukee kokonaisvaltaisen tilanneymmärryksen muodostamista kaikilla johtamisen tasoilla sekä yhteisen ”tappoverkon” eli kill-webin kehittämistä. Kill-web on yksi multi-domain-feroinnin konkreettinen ilmentymä, jonka periaatteita sovelletaan jo taktisella ja taisteluteknisellä tasolla.

Strategisella tasolla kaikkien kansallisen vallan välineiden (DIME) käyttö yhteensovitetaan yhteisten poliittisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Niiden tehokas käyttö ja johtaminen yhteensovitetaan kansallisesti sekä liittokunnan ja kumppaneiden kanssa. Lisäksi yhteensovitetaan hallinnon ja viranomaisten sekä yksityisten (siviili)toimijoiden toiminta ja johtaminen kansallisesti sekä liittokunnan ja kumppaneiden kanssa sekä synkronoidaan sotilasstrategiset tavoitteet monikansallisessa viitekehityksessä.

Naton tavoitteena on laajentaa kokonaisvaltaista lähestymistapaa syventämällä poliittisten, sotilaallisten ja siviilitoimijoiden kyvykkyyksien integraatiota. Moniulotteisen taistelutilan integraation lisäksi päämääränä on mahdollistaa 32 jäsenvaltion kansallisen vallan välineiden sekä hallinnon eri

toimijoiden ja yksityisten toimijoiden tavoitteellinen yhteistoiminta osana Naton toimintaa ja operaatioita.

Sotilasstrategisella tasolla koordinoidaan suorituskykyjen suunnittelu ja rakentaminen (strateginen suunnittelu, puolustus suunnittelu). Siinä huomioidaan suorituskykyjen käytön suunnittelu (operatiivinen suunnittelu) hyödyntämällä samoja rakenteita ja menetelmiä (uhkaskenaariot, operaation rakenne, suotuisat olosuhteet, operatiiviset vaikutukset, operatiiviset toiminnot sekä tehtävät/kyvykkyydet). Sotilasstrateginen taso määrittelee operatiivisen toiminnan tavoitteet ja ohjauksen. Sotilasstrategisella tasolla myös yhtenäistetään liittokunnan ja kansallisen toiminnan välinen doktrinaalinen perusta.

Operatiivisella tasolla orkestroidaan ja synkronoidaan strategisen tason muodostamien perusteiden mukaisesti kaikkien domainien suorituskykyjen ja joukkojen sekä ei-sotilaallisten toimijoiden käyttö yhdeksi integroiduksi kokonaisuudeksi. Suunnittelulla ja toimeenpanolla saavutetaan MDO-ajattelutavan mukaan konvergenssi – eri toimintojen tehokas yhteisvaikutus – fyysisessä, virtuaalisessa ja kognitiivisessa vaikutusulottuvuudessa.

Yhdysvaltain asevoimien operatiivisen tason *Joint All-Domain Operation* (JADO) koostuu ilma-, maa-, meri-, kyber- ja avaruusdomaineista sekä sähkömagneettisesta spektristä. Yhteisoperaation useassa domainissa toteutettavat toiminnot integroidaan suunnittelussa ja synkronoidaan toimeenpanossa sellaisella nopeudella ja laajuudella, mikä mahdollistaa etulyöntiaseman saavuttamisen ja tehtävän suorittamisen.

Vaikuttamisen JADO-visio on yllä mainittu, kaikkien domainien kautta synkronoidulla vaikuttamisella tuotettu konvergenssi. Se tarkoittaa kineettisten ja ei-kineettisten suorituskykyjen synkronointia ja integrointia tappavien ja ei-tappavien vaikutusten tuottamiseksi, jolloin niiden yhteisvaikutuksen lopputulos on merkittävämpi kuin synkronoimaton toiminta. Domainien ja sähkömagneettisen spektrin suunnittelu- ja maalittamissyklit synkronoidaan operatiivisella tasolla. Operaatiotempon ylläpitämiseksi kaikilla tasoilla ja kaikissa domaineissa tarvitaan joustavuutta uusien mahdollisuuksien havaitsemiseksi ja nopeiden vaikuttamispäätösten tekemiseksi.

Taktisen tason yhteisoperaatioilla mahdollistetaan ketteryyden ja nopeus multi-domain-opeeroinnin suunnittelussa ja toimeenpanossa. Taktisen tason yhteisoperaatioissa operatiivisen tason esikunta määrittää tavoitteet, resurssiallokaation ja johtavan domainin. Määritellyllä johtavalla domainilla on komentajansa johdolla täysi toimintavapaus operaation suunnittelussa ja toimeenpanossa. Muut domainit tukevat kaikilla tarvittavilla kyvykkyyksillä resurssiallokaation mu-

kaan. Operatiivisen tason esikunta voi tukea taktisen tason yhteisopeerointia allokoimalla tähän yhteisen vaikuttamisen suorituskykyjä.

Taktisen tason alajohtoportilla (armeijakunta vast.) on edellytykset johtaa multi-domain-opeeroinnin toimeenpano, jossa korostuu kyky cross-domain-synergian muodostamiseen. Taktisen tason toimeenpanon periaatteita ovat seuraavat:

- cross-domain-johtaminen
- cross-domain-synergia
- dynaaminen operointi
- domainien vaikutusten koordinointi.

Yhdysvaltalaisessa mallissa armeijakunnalla on käytössään MDTF-joukko, jolla on kyky käyttää kaikkien domainien suorituskykyjä. Vaihtoehtoisesti armeijakunnalla voi olla käytössään kaikkien domainien suorituskykyjä joko organisaation tai allokoituna ylemmiltä johtamistasoilta.

Joukkotasolla (perusryhmä, joukkoyksiköt, yksiköt vast.) multi-domain-opeerointi muodostuu seuraavista:

- kaikkien domainien valmiudesta (tilannekuva, suoja, vaikuttaminen)
- hajautetusta toiminnasta
- henkilöstön osaamisesta.

Joukkojen tasolla huomioidaan moniulotteisen taistelutilan muodostamat uhkat ja hyödynnetään mahdollisuudet oman joukon taistelussa. Dynaaminen operointi mahdollistetaan yhteisellä tilannekuvalla ja johtamisjärjestelmällä sekä tehävajohtamisella.

Mitä FIN MDO voisi olla?

Multi-domain-opeerointi on domainien rajat joustavasti ylittävää operointia, jossa yhdistetään sotilaalliset ja ei-sotilaalliset, kineettiset ja ei-kineettiset suorituskyvyt sekä aktiivinen joukkojen käyttö. Tehokas operointi modernissa taistelutilassa edellyttää multi-domain-ajattelua.

Multi-domain-opeerointi ei ole mitään uutta ja mullistavaa. Se on tavoitteellista, vaikutusperusteista operointia, jossa taistelutilassa hyödynnetään kaikkia ulottuvuuksia ja käytössä olevia suorituskykyjä. Suorituskyvyillä tuotetaan tavoitteen kannalta oleellisia aikaan, tilaan ja joukkoihin sidottuja vaikutuksia fyysisessä, virtuaalisessa ja kognitiivisessa vaikutusulottuvuudessa. Multi-domain-opeeroinnissa toiminta pyritään orkestroimaan ja synkronoimaan siten, että mahdollistetaan yhteisvaikutuksen tuottaminen kaikissa vaikutusulottuvuuksissa.

Strategisella tasolla korostuvat kokonaisvaltainen lähestymistapa, selkeä poliittinen ohjaus ja johtaminen sekä kokonaisturvallisuuden ja -maanpuolustuksen mallien mukaisen toiminnan ja johtamisen kehittäminen. Sorilasstrateginen taso muodostaa sotilaallisen ulottuvuuden operatiiviselle käytölle doktriinin, toiminnan tavoitteet ja ohjauksen. Sorilasstrateginen taso kytkee puolustusvoimallisen viestinnän (MILSTRATCOM) laajempaan kokonaisuuteen.

Operatiivisella tasolla toteutetaan kansallisten ja liittokunnan operaatioesikuntien (JFC) välinen suunnittelu, resurssien allokointi ja yhteistoiminta. Suunnittelussa huomioidaan kaikki dimensiot ja domainit, mikä mahdollistaa tehokkaan operoinnin ja yhteisvaikutukset.

Taistelutilan ulottuvuudet voidaan ottaa haltuun operatiivisella tasolla. Operaation rakenteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon taistelutilan toiminnalliset (domain) ja vaikutusulottuvuudet (dimensio) sekä niiden väliset suhteet. Operaatiolle määritetyt ratkaisevat olosuhteet pyritään saavuttamaan määrittämällä niille haluttu operatiivinen vaikutus. Tämä kokonaisvaikutus voidaan analysoida ja purkaa osavaikutuksiksi tarkastelemalla taistelutilan vaikutusulottuvuuksia (fyysinen, virtuaalinen ja kognitiivinen). Jokaiselle määritetylle osavaikutukselle määritellään tämän jälkeen toiminnallisissa ulottuvuuksissa (domain) toiminnot ja tehtävät, jotka toimeenpannaan haluttujen vaikutusten saavuttamiseksi.

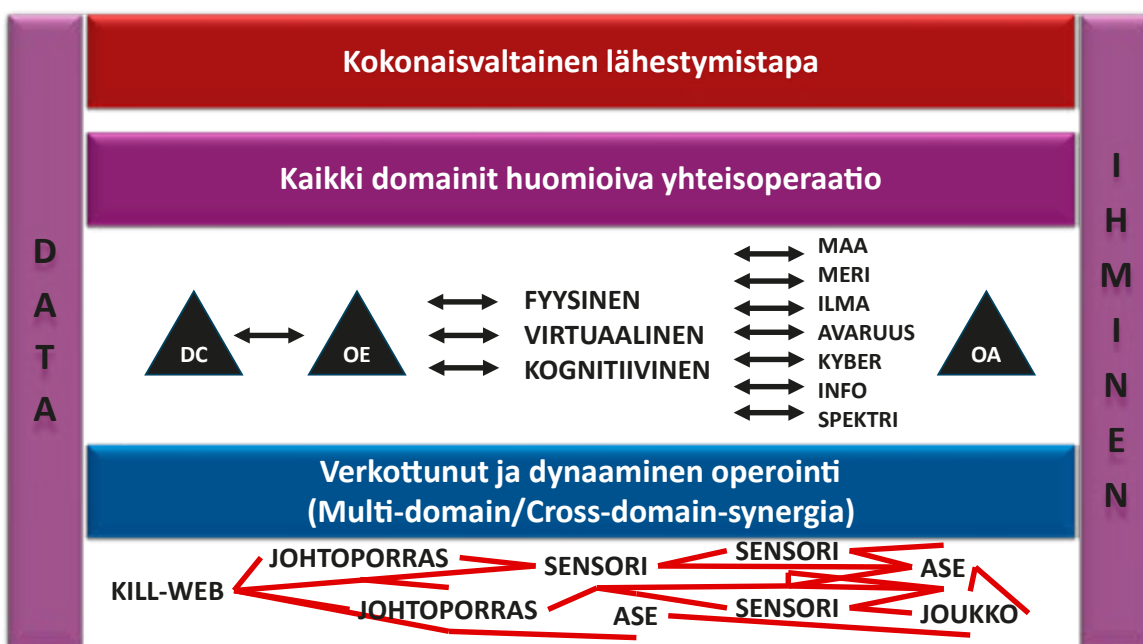
Operatiivinen taso ohjaa myös taktisen tason muodostamaa joukkoasetelmaa. Tällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka

muodostuu eri vaiheissa käytössä tai valmiudessa olevista joukoista ja suorituskyvyistä sekä niiden ryhmityksestä. Joukkoasetelmalla ja sen muutoksilla voidaan operoida aktiivisesti toimintaympäristön ja siinä tapahtuvien muutosten edellyttämällä tavalla.

Taktisella tasolla mahdollistetaan verkottunut operaatioiden suunnittelu ja toimeenpanon dynaaminen johtaminen. Taktisen tason yhteisoperaatiot toteutetaan operatiivisen tason määrittämien perusteiden mukaisesti käsketyt tuettavan komentajan johdossa ("johtava domain"). Taktisella tasolla mahdollistetaan multi-domain-johtaminen tai ainakin riittävä cross-domain-synergia, millä kyetään joukkojen ja suorituskykyjen reaaliaikaiseen käyttöön.

Esimerkiksi tietyn alueen ilmapuolustuksen lamauttamisoperaation suunnittelun ja toimeenpanon johtaa aluevastuussa oleva komentaja tai ilmakomponentin komentaja. Muut komentajat ja heidän johtoportaansa osallistuvat suunnitteluun ja toimeenpanoon henkilöstöllään ja suorituskyvyillään. Päätöksentekijänä on vastuussa oleva taktisen tason komentaja, joka johtaa ilmapuolustuksen lamauttamisen toimeenpanon operatiivisen tason käskemien vaatimusten ja allokointien resurssien mukaisesti. Operatiivisella tasolla taktisen tason suunnittelua ohjaa huolellisesti tehty analyysi taistelutilan vaikutusulottuvuuksiin tuotettavista vaikutuksista.

Vastaaminen tulevaisuuden taistelun kuvan vaatimuksiin edellyttää taktisen tason joukoilta ja johtoportailta kykyä käyttää operatiivisen johtoportaan allokointia resursseja



FIN MDO pelkistettynä kokonaisuutena. (Kuva: Janne Tähtinen)

optimaalisesti, joustavasti ja nopeasti. Tämä edellyttää kaikkien ulottuvuuksien suorituskykyjen joustavaa johtamista oikean tasoiselta johtamispaikalta.

Multi-domain-ajattelun mukainen toiminta mahdollistetaan oikeilla ja oikein mitoitetuilla suorituskyvyillä, datalla sekä ihmisillä ja johtamiskulttuurilla. Mikään johtamiskyky ei auta, jos joukot ja suorituskyvyt eivät vastaa uhkatilanteen mukaiseen tarpeeseen. Multi-domain-johtamiskykyä ei myöskään tarvita, mikäli suorituskykykombinaatiot on rakennettu vain domain-keskeisesti. Verkottunut johtamisjärjestelmä (datakeskeisyys) on multi-domain-operoinnin toinen perusedellytys. Toiminta on mahdollista yhteisillä tai vähintään yhteensopivilla tilannekuva- ja johtamisjärjestelmillä.

Kolmas perusedellytys on osaava, multi-domain-ajatteluun kykenevä henkilöstö ja johtamiskulttuuri. Keskeistä tässä on pyrkimys haluttuun yhteisvaikutukseen hyödyntäen kaikkien domainien joukkoja ja järjestelmiä. Henkilöstön on ymmärrettävä domainien rajat ylittävät mahdollisuudet, mikä edellyttää henkilöstön ja osaamisen kehittämistä. Toisaalta myös johtamiskulttuurin on kehityttävä kohti verkottunutta, kansallisen ja liittokunnan toiminnan mahdollistavaa johtamista. Konseptin tulee johtaa kenttäohjesääntöjen mukaiseen koulutukseen sekä joukkojen ja esikuntien harjoituksiin. Niistä nousevien havaintojen hyödyntäminen toimintamallien edelleen kehittämiseksi on ensiarvoisen tär-

keää siirryttäessä konseptuaalisesta tarkastelusta käytännön toteutukseen.

Voiko MDO:n unohtaa ja miksi ei?

Mikäli aihetta tarkastellaan samalla jaottelulla kuin artikkelin alussa, voitaisiin todeta, että MDO-käsite voidaan unohtaa milloin vaan, mutta MDO-ajattelua ei. Etenkin yleiskäyttöisenä etuliitteenä MDO muuttuu täytesanaksi, jolla ei ole muuta tarkoitusta kuin olla MDO. Multi-domain-ajattelun, osaamisen ja ymmärryksen lisääminen organisaatiomme kaikilla tasoilla mahdollistaa taistelutilan ulottuvuuksien huomioiden operoinnissa entistä paremmin sekä uhkien että mahdollisuuksien näkökulmasta. Tästä syystä MDO-ajattelua ei voi eikä pidä unohtaa – ollaan siitä mitä mieltä tahansa. Operointiin ja eri domainien toimintaan ja kyvykkyyksiin liittyvän osaamisen laajentaminen mahdollistaa operatiivisen ajattelun ja siten suunnittelun ja toimeenpanon kehittämisen. Verkottunut järjestelmä taas mahdollistaa optimaalisen toimeenpanon.

MDO-ajattelua ei saa myöskään ymmärtää väärin. Multi-domain-operointi on mahdollisuus, ei itsetarkoitus. Vaikka multi-domain-operoinnissa mahdollistetaan kaikkien domainien ja eri toimijoiden välinen yhteistoiminta, integraatio ja johtaminen, tilanne sanelee toiminnan vaatimukset. Jos sotilaallinen haaste tai operatiivinen ongelma on ratkaistavissa tehokkaammin suoraviivaisesti yhden domainin käytöllä, näin tulee myös menetellä.

Kirjoittajat:

Yleisesikuntaeverstiluutnantti, sotatieteiden tohtori Janne Tähtinen toimii johtavana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla.

Yleisesikuntaeverstiluutnantti, filosofian maisteri Veikko Siukonen toimii tutkimusalojohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla operaatioanalyysi-tutkimusalalla.

Kognitiivinen sodankäynti

– monikansallisen tutkimusprojektin esittely



(Kuva: Johanna Suominen Microsoft Copilot)

”Kognitiivinen sodankäynti on täällä jo nyt. Se yhdistää informaatiovaikuttamista kybervaikuttamisen keinoihin. Sen kohteina ovat meidän omat muistomme, ajatuksemme ja tunteemme. Kukaan ei voi tältä täysin välttyä. Jokainen meistä on osa informaatioympäristöä.”
Tasavallan presidentti Alexander Stubb Maanpuolustuskursseihin kuuluvan Max Jakobsonin luentosarjassa Helsingissä 2024

Kognitiivinen sodankäynti koko yhteiskunnan asiana

Kognitiivisen sodankäynnin käsite jäsentää aikakautta, johon sodan ja rauhan välinen jaottelu toisistaan selvärajaisesti eroavina tiloina ei enää sovellu. Käsite ilmentää toimintatapaa, jossa vihollinen hyödyntää ihmismielen ja yhteisöjen kognitiivista ulottuvuutta pyrkiessään horjuttamaan kohdevaltion koheesiota, resilienssiä ja instituutioita omia päämääriään tukevilla tavoilla.

Kyseessä on informaatiovaikuttamista laajempi ilmiö. Informaatiovaikuttamisessa keskiössä on taistelu narratiiveista, kun taas kognitiivisessa sodankäynnissä hyödynnetään kaikkia käyttäytymistieteellisen ja yhteiskuntatieteellisen tiedon tarjoamia mahdollisuuksia halutun vaikutuksen saavuttamisessa.

Konventionaalista sodankäyntiä vaikeammin rajattavana ilmiönä kognitiivinen sodankäynti kohdistuu koko yhteiskuntaan ja sen väestöön. Siihen vastaaminen edellyttää yhteiskunnan laajuista lähestymistapaa.

Tässä artikkelissa esitellään monikansallisella tutkimusyhteistyöllä tehtävää pyrkimystä määritellä, millaisesta ilmiöstä kognitiivisessa sodankäynnissä on kyse eri maiden näkökulmista ja millaiset keinot ovat demokraattisille yhteiskunnille soveltuvia siihen vastaamisessa.

Kognitiivinen vaikutusulottuvuus

Suomen puolustuspoliittisessa selonteossa (2024) korostetaan sitä, että kognitiivinen ulottuvuus muodostaa yhden keskeisistä sotilaallisen toiminnan vaikutusulottuvuuksista yhdessä fyysisen ja virtuaalisen ulottuvuuden kanssa. Kognitiivisessa vaikutusulottuvuudessa sotilaallisten ja ei-sotilaallisten toimintojen vaikutukset sovitetaan yhteen, jotta voidaan tuottaa haluttu fyysinen, kognitiivinen tai virtuaalinen vaikutus.

NATO Allied Command Transformation tarjoaa kognitiiviselle sodankäynnille laajempaan määritelmään, jonka mukaan kyseessä on muiden vallan välineiden (*Instruments of Power: Diplomatic, Information, Military, Economic, Fi-*

nancial, Intelligence, Law Enforcement, DIMEFIL) kanssa synkronoitu toiminta, jolla pyritään vaikuttamaan asenteisiin ja käytökseen yksilöiden ja ryhmien kognition kautta. Käyttäytymistieteellistä tietoa pyritään siis käyttämään aseena perinteisten ja uusien teknologioiden avulla. Tavoitteena on häiritä kohdevaltion päätöksentekoa, hämärtää tilannekuvaa ja polarisoida yhteiskuntaa. Tässä käytetään hyväksi kehittyntä teknologiaa, psykologisia taktiikoita ja informaatiovaikuttamisen keinoja.

Sodan ja rauhan välinen raja hämärtyy, kun valtioon ja yhteiskuntaan voi kohdistua voimakasta ulkoista vaikuttamista ilman konkreettisemmin havaittavaa kineettisen voiman käyttöä. Ihmismielen toimintojen, kuten ajattelun, havainnon, muistin, tarkkaavaisuuden ja tunteiden, hyödyntäminen mahdollistaa kohdevaltioon vaikuttamisen ilman aseellisen konfliktin rajan ylittämistäkin.

Tällaisella harmaalla alueella liikkuminen edellyttää uudenlaista ajattelua yhteiskunnan turvaamisessa ja puolustamisessa, koska demokraattisissa yhteiskunnissa eettiset, moraaliset ja oikeudelliset näkökulmat on huomioitava ja käsiteltävä demokraattisen oikeusvaltion periaatteita kunnioittaen. Toisaalta käyttäytymistieteellisen tiedon aseistaminen voi toteutua osana muita toimintoja, jolloin aseellisen konfliktin raja on voinut ylittyä ja puolustautuminen on helpommin perusteltavissa.

Monikansallinen kognitiiviselta sodankäynniltä puolustautumisen projekti

Suomi osallistuu monikansalliseen projektiin, jossa pyritään määrittelemään kognitiivista sodankäyntiä ja löytämään keinoja vastata sen aiheuttamiin uhkiin. Projektin toteuttaa Multinational Capabilities Development Campaign (MCDC) -yhteisö.

MCDC on Natoa laajemman joukon muodostama yhteisö, jota yhdistää halu tehdä kehittämissyhteistyötä erilaisten teemakokonaisuuksien ympärillä. Yhteistyön tarkoituksena on kehittää monikansallisissa operaatioissa tarvittavia ei-materiaalisia suorituskykyjä. Yhteisön työskentely jakaantuu kaksivuotisiin projektisykleihin, ja parhaillaan käynnissä olevassa, vuosille 2025–2026 sijoittuvassa syklissä on osallisena yhteensä 25 maata tai organisaatiota.

Suomella on edustajia kahdessa käynnissä olevassa teemaryhmässä, joissa keskitytään

- arktisen yhteisoperointikonseptin (*Arctic Joint Warfighting Concept*) kehittämiseen
- kognitiiviselta sodankäynniltä puolustautumisen (*Countering Cognitive Warfare*), jota käsitellään tässä artikkelissa.

Kaksi vuotta kestävä työskentelyn kuluessa projektissa on tarkoitus kirjoittaa opas kognitiiviselta sodankäynniltä puolustautumiseen. Jopa 21 valtiota tai organisaatiota on ilmoittanut osallistuvansa kirjan kirjoittamiseen tai kommentoimiseen, mutta käytännössä aktiivisten osallistujien määrä jää pienemmäksi. Itävalta ja Puola johtavat projektin työskentelyä.

Oppaan kohderyhmäksi on määritelty ensisijaisesti sotilasjohtajat, joille oppaan ajateltiin tarjoavan konkreettisia työkaluja kognitiiviselta sodankäynniltä suojautumiseen. Tavoitetta voi pitää kunnianhimoisena, sillä laajalla, eri kansallisuuksista koostuvalla osallistujakokoonpanolla yksistään jo ilmiökentän määrittely vaatii erilaisten painotusten, näkökantojen ja kokemuspohjien yhdistämistä.

Työskentelyn pohjaksi otettu Naton kognitiivisen sodankäynnin konsepti korostaa koko yhteiskunnan laajuista näkökulmaa kognitiivisen sodankäynnin tarkastelussa. Käytännössä projektiin osallistuvat valtiot ovat keskenään hyvin erilaisissa tilanteissa yhteiskunnallisesti ja institutionaalisesti, ja niiden kokemukset kognitiivisesta vaikuttamisesta voivat poiketa toisistaan.

Suomessa kansalaisten koulutustaso, luottamusyhteiskunnan perinne, kokonaisturvallisuuden malli ja asevelvollisuus ovat luoneet monia muita maita paremmat lähtökohdat kognitiiviselta sodankäynniltä puolustautumiseen. Naton peräänkuuluttaman koko yhteiskunnan näkökulman (*Whole-of-Society Approach*) soveltaminen suomalaisen yhteiskunnan kehikkoon sisältää vähemmän uusia avauksia kuin joillekin muille projektiin osallistuville maille.

Osallistujamaiden erilaiset lähtökohdat huomioiden oppaasta tuleekin ennemmin yleisellä tasolla kognitiivisen sodankäynnin ilmiötä määrittelevä teos. Vastatoimet näyttävät asevoimia tai yksittäisiä sotilasjohtajia huomattavasti laajempaan, monia yhteiskunnan toimijoita koskettavana kokonaisuutena.

Kognitiivisen sodankäynnin ilmiötä ei voida hallita siis vain sotilasorganisaation keinoin, vaan se vaatii yhteistyötä muiden toimivaltaisten toimijoiden kanssa. Tavoitteena on kuitenkin opas, jonka avulla sotilasjohtajat ymmärtävät paremmin kognitiivista sodankäyntiä ja josta selviää, mitä käytännön toimenpiteitä voidaan tehdä sen vaikutuksilta suojautumiseksi.

Yhteiskunnallisen ja yksilöllisen resilienssin rakentaminen pilariajattelulla

Kognitiiviselta sodankäynniltä suojautumista ja siihen vastaamista tarkastellaan käynnissä olevassa projektissa seuraavista näkökulmista:



Yhteiskunnallisen resilienssin pilarimalli. (Kuva: Johanna Suominen, Freepik)

- yhteiskunnallinen resilienssi: valtion ja yhteiskunnan kyky ylläpitää vakautta ja estää vihollista saavuttamasta vaikutusta kognitiivisen sodankäynnin keinoilla
- yksilöllinen resilienssi: yksilön kyky ja mahdollisuudet suojata itseään vaikuttamiselta sekä toipua stressaavista tilanteista.

Perustan rakentaminen yhteiskunnalliselle ja yksilölliselle resilienssille vaatii pitkäjänteistä työtä, joka on aloitettava jo vakaissa rauhanajan olosuhteissa. Kognitiivisen sodankäynnin näkökulmasta tämä aiheuttaa kuitenkin ristiriitaisen tilanteen, koska kognitiivisen vaikuttamisen keinot voivat kohdistua yhteiskuntaan ilman konkreettisesti havaittavaa ja laaja-alaista kineettisen voiman käyttöä.

Osallistujamaiden lähtökohdat poikkeavat toisistaan nykyisessä turvallisuustilanteessa siinä, kuinka laajaa systemaattista ja monitasoista työtä niiden tulisi tehdä resilienssin kasvatamiseksi. Suomi kuuluu niihin valtioihin, jossa rakenteet ja käytännöt antavat jo valmiiksi hyvät lähtökohdat tälle työlle erityisesti kokonaisturvallisuuden mallin ansiosta.

Työtä resilienssin määrittelemiseksi ja rakentamiseksi jäsenetään tekeillä olevassa oppaassa pilariajattelulla. Sekä yhteisöllinen että yksilöllinen resilienssi on purettu pilareiksi, joita kehittämällä ja vahvistamalla voidaan rakentaa puolustusta kognitiivista sodankäyntiä vastaan.



Yksilötason resilienssin pilarimalli. (Kuva: Johanna Suominen, Freepik)

Yhteiskunnallista resilienssiä rakentava pilarimalli koostuu neljästä kohdasta:

1. Avoimuuden pilari: yhteiskunnan instituutioiden, viranomaisten sekä median toiminta on läpinäkyvää. Avoimuus on tärkeää, koska se
 - ylläpitää luottamusta yhteiskunnassa
 - auttaa yksilöitä tekemään perusteltuja päätöksiä
 - estää vahingollisen informaation leviämismahdollisuuksia.
2. Sosiaalisen koheesion pilari: yhteiskunnassa vallitseva solidaarisuuden ja yhteiskunnallisen kuulumisen tunne ovat tärkeitä, ja ne mahdollistavat kollektiivisen toiminnan ja yhteistyön.
3. Yleissivistyksen pilari: laaja-alainen koulutus on merkittävä yhteiskunnalliseen vakauteen vaikuttava tekijä. Kriittinen ajattelukyky edellyttää laajaa ymmärrystä muun muassa
 - yhteiskunnan toiminnasta
 - politiikasta
 - historiasta
 - kansainvälisistä suhteista
 - filosofiasta.
4. Asevoimien ja yhteiskunnan suhde -pilari: asevoimien ja siviilyyhteiskunnan välinen vuorovaikutus vahvistaa yhteiskuntaa ja lisää maanpuolustustahtoa.

Yksilötason resilienssiä rakentava pilarimalli puolestaan koostuu viidestä kohdasta, joiden toteutumista voidaan tukea harjoittelulla ja koulutuksella.

1. Kognitiivinen pilari: yksilön kyky itsereflektioon ja tietoisuuteen, motivaatio tarkastella omia toimintatapoja sekä kouluttautuminen kriittiseen ajatteluun. Yksilöiden tulee reflektoida omia ajattelu- ja toimintatapojaan sekä opetella asioiden syvällisempää ymmärtämistä.
2. Tunnepilari: yksilöiden kyky ymmärtää ja säädellä tunnereaktioitaan. Yksilöiden tulee tunnistaa vaikuttamiseen pyrkivät voimakkaat, impulsiiviset ja äkilliset tunnereaktiot ja niiden haitallisuus.
3. Fyysinen pilari: yksilön jaksamiseen, vireystilaan ja kykyyn havaita ja olla kriittinen vaikuttavat lepo, kuntoilu, ravinto ja ympäristötekijät.
4. Sosiaalinen pilari: tasapainoinen yksilö tarvitsee sosiaalisia suhteita. Merkitykselliset sosiaaliset yhteydet ja osallisuuden tunne vahvistavat yksilöiden siteitä toisiinsa ja vahvistavat kollektiivisen identiteetin kokemusta.
5. Edistyspilari: yksilön kognitiiviselle ja tunnepohjaiselle vakaudelle on tärkeää myös teknologian hyödyntäminen.

Pilarimalli auttaa hahmottamaan, mitä koko yhteiskunnan laajuus kognitiivisessa sodankäynnissä tarkoittaa. Sen avulla voidaan verrata ja arvioida myös yksittäisiä resilienssin muodostamisen pilareita. Tämä auttaa tunnistamaan mahdollisia yksilöllisiä tai yhteiskunnallisia haavoittuvuuksia ja suuntaamaan resursseja tehokkaammin näiden paikkaamiseksi.

Monikansallisen projektin vahvuus

Osallistuminen monikansalliseen Natoa laajemman osallistujakokoonpanon projektiin syventää näkemystä siitä, mitä kognitiivisesta sodankäynnistä ajatellaan keskenään erilaisissa maissa, kuten Brasiliassa, Japanissa tai Puolassa. Osallistujamaiden historia, yhteiskuntarakenteet ja geopoliittiset uhkakuvat eroavat monin tavoin Suomen tilanteesta. Tämä näkyy niissä lähtökohdissa, joista kognitiivisen sodankäynnin kaltaista koko yhteiskuntaa koskettavaa turvallisuuskäsitteitä käsitellään.

Suomella on hyvä maine kokonaisturvallisuuden asiantuntijana, ja on hyvä esimerkki korkeasta maanpuolustustahdosta ja informaatiovaikutuksille resilienssistä yhteiskunnasta. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö yhteistyöstä olisi myös Suomelle saatavaa. Vaikka tilanne Suomessa on tällä hetkellä esimerkiksi maanpuolustustahdon näkökulmasta hyvä, on tärkeää ymmärtää ja kuulla, millaisia luottamusta rapauttavia ja yhteiskuntaa polarisoivia keinoja muissa maissa on havaittu. Tämä auttaa ymmärtämään vaikutusprosesseja syvällisemmin, ennakoimaan riskejä ja pohtimaan keinoja, jotka ehkäisivät kognitiivista vaikutusta Suomessa jatkossakin.

Itsevaltaiset hallinnot pyrkivät haastamaan nykyistä kansainvälistä järjestystä, ja ne saattavat opportunistisesti tarttua toistensa kampanjoihin ja kopioida menetelmiä toisiltaan. MCDC-yhteisössä tehtävä monikansallinen yhteistyö on tärkeä ja toimiva keino jakaa tietoa ja kokemuksia tavoilla, jotka vahvistavat osallistujamaiden yhtenäisyyttä.

Kirjoittajat:

Filosofian tohtori, dosentti Miina Kaarkoski toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla sodankäynti ja operatiot -tutkimusosalalla.

Psykologian tohtori, dosentti Toni Virtanen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla sotilaspsykologian tutkimusosalalla.

Kyberilmiöt tutkimuskohteena



Kyberilmiöt tapahtuvat vaikeasti hahmotettavassa aineettomassa kybertilassa, mutta niiden seuraukset ilmenevät usein konkreettisina vaikutuksina fyysisessä maailmassa. (Kuva: Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator)

Kyberilmiöt muokkaavat yhä voimakkaammin kansallista ja kansainvälistä turvallisuusympäristöä strategisella tasolla. Kyberilmiöt voivat näyttäytyä sekä teknologisisina mahdollistajina että vaikeasti ennakoitavina uhkina – usein samanaikaisesti.

Tässä artikkelissa tarkastellaan muutamia Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosaston kyberpuolustus-tutkimusalalla viime vuosina tutkittuja kyberilmiöitä. Esitellyt kyberilmiöt voidaan karkeasti jakaa kahteen pääkategoriaan, jonka mukaan ilmiöt liittyvät joko verkkojen eriytymiskehitykseen tai Ukrainan sotaan.

Mikä on kyberilmiö ja miksi niitä tutkitaan?

Kyberilmiöllä tarkoitetaan kybertoimintaympäristössä havaittavaa uutta kehityssuuntaa, tapahtumaa tai muutosta, jonka taustalla vaikuttaa useita ajallisesti tai toiminnallisesti toisiinsa kytkeytyviä tekijöitä. Kyberilmiöt voivat olla globaaleja tai paikallisia ja pitkäkestoisia tai tilapäisiä. Kyberil-

miöiden vaikutuksia tarkastellaan yleensä lyhyellä (0–4 v.), keskipitkällä (4–12 v.) ja pitkällä (12–20 v.) aikavälillä.

Kyberilmiöt havaitaan nykyhetkessä, mutta niiden seuraukset voivat olla sekä myönteisiä että kielteisiä tulevaisuuden kyberpuolustuskyvylle. Kyberilmiöiden merkitys ei aina ole heti selvä, joten ne edellyttävät jatkuvaa seuranta- ja ennakoitua ja pitkäkestoista analyttistä tutkimusta. Vaikutusten arviointi auttaa tunnistamaan, miten kyberilmiöt muokkaavat kybertoimintaympäristöä ja kyberpuolustuksen rakenteita strategisella tasolla.

Tässä artikkelissa esitellään seuraavia kyberilmiöitä:

- kybertilan valtioalueellistuminen
- teknistaloudelliset liittoumat
- Venäjän kansallinen internetsegmentti
- TCP/IP-protokollien korvaaminen
- yritysvaltiut
- pilvipalvelusiirtymä kriisitilanteessa

- informaatioinfrastruktuurin kaappaaminen ja verkko-liikenteen uudelleenreititys
- haktivismi ja vigilantismi
- kybermobilisaatio
- wiper-haittaohjelmat.

Tekoälyyn liittyvät kyberilmiöt on rajattu tämän artikkelin ulkopuolelle, sillä niitä käsitellään laajemmin erillisissä tutkimuskokonaisuuksissa.

Kybertytilan valtioalueellistuminen

Kybertytilan valtioalueellistuminen tarkoittaa kehitystä, jossa valtiot pyrkivät rajaamaan, hallitsemaan ja suojaamaan omaa kybertytilaansa sekä kontrolloimaan informaatiovirtoja. Ilmiönä tämä prosessi pitää sisällään teknisiä, lainsäädännöllisiä ja hallinnollisia toimia, joiden tavoitteena on turvata kansallisen infrastruktuurin ja järjestelmien koskemattomuus.

Kybertytilan valtioalueellistuminen ei ole kuitenkaan vain tekninen prosessi, vaan myös poliittinen ja strateginen muutos. Kybertytilan valtioalueellistumiseen liittyy valtion kybertytilan määrittäminen sekä teknisesti että juridisesti.

Kybertytila kattaa sekä teknisen infrastruktuurin että sen kautta kulkevan datan, ja se voidaan rinnastaa perinteiseen fyysiseen valtioalueeseen, joka koostuu valtion maa- ja merialueesta sekä ilmatilasta. Tämä tekee kybertytilan valtioalueellistumisesta merkittävän ilmiön: se heijastaa valtioiden pyrkimystä hallita digitaalista infrastruktuuriaan oman fyysisen alueen rajoissa.

Ilmiö liittyy läheisesti myös ajankohtaisiin datakeskushankkeisiin. Vieraan valtion omistamat tai hallinnoimat datakeskukset voivat muodostaa kansallisen turvallisuuden kannalta riskin, erityisesti silloin, kun tietoliikennettä voidaan valvoa, ohjata tai käyttää laaja-alaisen vaikuttamisen välineenä.

Lisäksi datakeskuksiin säilötty data voi juridisesti kuulua vieraan valtion kybertytilaan. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi Suomen fyysisellä valtioalueella voi sijaita vieraan valtion lainsäädännöllä ja muilla toimenpiteillä suojeltavaa dataa, jos ne on määritelty kyseisen maan lainsäädännössä kriittiseksi infrastruktuuriksi.

Kybertytilan valtioalueellistuminen on siten osa laajempaa kehitystä, jossa kybertytoimintaympäristö näyttää entistä selvemmin geopolittisena ja strategisena tilana. Kuten fyysinen valtioalue, myös kybertytila voidaan ottaa haltuun, valloittaa tai alistaa vieraan valtion hallinnan alaisuuteen painostuskeinona konfliktitilanteessa.

Teknistaloudelliset liittoumat

Teknistaloudelliset liittoumat ovat mahdollinen tulevaisuuden kyberilmiö, joka seuraa kybertytilan valtioalueellistumisesta ja kybertytilan muodostumisesta. Yksikään valtio ei todennäköisesti saavuta täydellistä kyberomavaraisuutta, joten kybertytilan valtioalueellistuminen johtaa todennäköisesti pitkällä aikavälillä liittoumiin. Nämä liittoumat perustuvat kilpaileviin teknisiin alustoihin ja kansallisiin ratkaisuihin. Teknistaloudelliset liittoumat kehittävät kansallisella tasolla uusia teknologioita, ja niiden pohjalta rakennetaan liittoumalle palveluita, jotka perustuvat kansalliseen tekniikkaan.

Mahdolliset pitkän aikavälin teknistaloudelliset liittoumat voivat olla esimerkiksi yhdysvaltalaisvaikutteisia, kiinalaisia, Venäjän vaikutuspiiriin liittyviä, eurooppalaisia, ideologisia, rikollisia tai ennakoimattomia. Teknistaloudellisten liittoumien kehitystä ja voimistumista tulee seurata, koska ne muovaavat kansainvälistä valtasuhdeverkostoa, vaikuttavat teknologian hallintaan sekä määrittävät, kenen säännöillä digitaalista infrastruktuuria rakennetaan ja käytetään.

Suurvaltojen välinen kilpailu ja kansallisen edun, teknologisen itsenäisyyden sekä aggressiivisen kauppapolitiikan korostuminen ovat osoittaneet, kuinka nopeasti teknologia voi politisoitua ja strategisoitua. Teknistaloudellisten liittoumien dynamiikka onkin ymmärrettävä paitsi taloudellisen yhteistyön muotona myös keinona vaikuttaa globaaleihin standardeihin, tietovirtoihin ja kybertyturvallisuuden rakentamiseen.

Venäjän kansallinen internetsegmentti

Venäjän kansallinen internetsegmentti on strateginen kyberilmiö, joka pyrkii

- vahvistamaan Venäjän digitaalista suvereniteettia
- parantamaan kriittisen infrastruktuurin suojaa
- valvomaan kansalaisten tiedonsaantia.

Kansallisen internetsegmentin avulla Venäjä suojaa sen omia järjestelmiä ulkoisilta verkkohyökkäyksiltä ja informaatiovaikuttamiselta. Venäjän kansallinen internetsegmentti toimii esimerkki-ilmiönä jo pidemmällä suunnittelussa olevasta valtiollisesta kybertytilan rakentamisesta.

Venäjän kansallinen internetsegmentti perustuu moniin erilaisiin säädöksiin informaatio- ja kybertytilan hallinnasta. Kansallisen internetsegmentin perusta on vuonna 2019 hyväksytyssä laissa, joka antaa Venäjälle mahdollisuuden hallita omaa informaatioinfrastruktuuriaan siten, että se voi eristäytyä globaalista verkosta tarvittaessa esimerkiksi kriisitilanteessa.



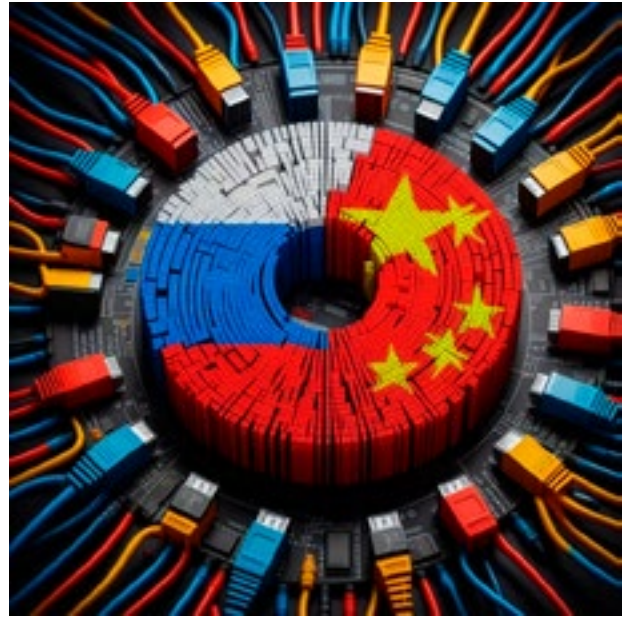
Venäjän kansallinen internetsegmentti ilmentää valtion pyrkimystä digitaaliseen suvereniteettiin ja kykyä eriyttää verkkoinfrastruktuuri globaalista internetistä. (Kuva: Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator)

Venäjän kansallisen internetsegmentin odotetaan kehittyvän keskipitkällä aikavälillä yhä itsenäisemmäksi ja tiukemmin hallituksi digitaalisesti ympäristöksi, joka mahdollistaa eristämisen globaalista internetistä ja samalla tukee maan kykyä kontrolloida tietovirtoja kotimaassa. Venäjä harjoittelee kansallisen internetsegmentin käyttöönottoa ainakin osittain lähes vuosittain.

Kansallinen internetsegmentti voi vahvistaa Venäjän kyberpuolustuskykyä merkittävästi, mutta myös tuoda mukanaan merkittäviä haavoittuvuuksia. Kyberilmiönä Venäjän kansallinen internetsegmentti on huomattava ja sen kehityksen seuraaminen osa aktiivista kyberpuolustuksen kehittämistä.

TCP/IP-protokollien korvaaminen

TCP/IP-protokollien korvaaminen on kybertilan eriytymiskehitykseen liittyvä teknisrakenteellinen ilmiö, joka vaikuttaa suoraan verkon infrastruktuuriin ja sen hallintaan. Esimerkiksi Venäjä ja Kiina voivat omilla protokollaratkaisullaan vähentää riippuvuuttaan länsimaalaisesta teknologiasta, erityisesti internetin hallinnassa ja viestintäverkoissa, sekä kasvattaa vaikutusvaltaansa kyberturvallisuudessa, tiedon hallinnassa ja sensuurissa. Ilmiö liittyy vahvasti niin sanotun kybermaailmanjärjestyksen haastamiseen eli siihen, miten länsimaalaisvetoisen kybertoimintaympäristön valtasuhteita, sääntöjä ja toimintamalleja pyritään määrittämään uudelleen.



TCP/IP-protokolla on internetin perusta, mutta Venäjä ja Kiina pyrkivät korvaamaan sen omilla, valtiollisesti hallituilla verkkoprotokollillaan digitaalisen suvereniteetin vahvistamiseksi. (Kuva: Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator)

TCP/IP on kansainvälisesti vakiintunut ja laajasti käytetty tietoverkkojen perusprotokolla. TCP/IP:n korvaaminen omilla ratkaisuilla voisi parantaa Venäjän ja/tai Kiinan kybersuojautumiskykyä, kybersietoisuutta ja kybervaikuttamiskykyä, mutta samalla se toisi merkittäviä haasteita maiden kansalliselle kyberpuolustukselle ja koko puolustuskykyyn suoraan vaikuttaviin järjestelmiin.

Jos Kiina ja Venäjä onnistuvat laajentamaan omia protokolliansa kansainväliseksi standardiksi tai lisäämään vaikutusvaltaansa vaihtoehtoisten verkkoratkaisujen kautta, ne voisivat samalla kasvattaa valtaansa kyberturvallisuudessa, tiedon hallinnassa ja tiedon välittämisessä. Tämän tyyppinen järjestelmä voisi heikentää TCP/IP-pohjaisen internetin globaalia yhtenäisyyttä ja luoda esteitä datan vapaalle liikkuvuudelle.

Näin TCP/IP-protokollan haastaminen voisi haastaa länsimaisten teknologisten standardien aseman ja muuttaa digitaalista geopoliittista tasapainoa, varsinkin jos kehittyvät markkinat omaksuisivat näitä uusia standardeja laajasti esimerkiksi niin kutsutussa globaalissa etelässä. Kiina ja Venäjä pyrkivät aktiivisesti edistämään näitä ideoita Kansainvälisen televiestintäliiton toiminnassa (*International Telecommunication Union, ITU*), jossa ne voivat vaikuttaa internetin hallintaan ja standardointeja koskeviin päätöksiin. Kyseessä on hitaasti etenevä kyberilmiö, jonka kehitystä on seurattava johdonmukaisesti ja pitkäjänteisesti.

Yritysvaltius

Yritysvaltius kuvaa yksinvaltiuteen rinnastettavaa tilannetta, jossa yksityiset yritykset eivät ole enää vain kaupallisia toimijoita, vaan myös strategisia vallankäyttäjiä, jotka hallitsevat kriittistä infrastruktuuria ja tietovertoja tavalla, joka vaikuttaa valtioiden itsemääräämisoikeuteen ja toimintakykyyn.

Yritysvaltiaalla voi olla merkittävä rooli häiriö- ja kriisitilanteissa, joissa perinteinen valtiovalta joutuu toimimaan yksityisen yrityksen ehdoilla. Yritysvaltias voi yksin määrittää kriittisen infrastruktuurin toiminnan tai strategisen viestinnän käytettävyyden omien kaupallisten intressiensä tai jopa täysin arvaamattomasti henkilökohtaisten mielty mystensä perusteella.

Esimerkiksi valtiot eivät enää hallitse täysin omia verkko-yhteyksiään. Space-X-yhtiön Starlink- ja Starshield-satelliittiverkot ovat olleet keskeisiä Ukrainan tietoliikenneinfrastruktuurissa sodan aikana. Starlink tarjosi nopean internetyhteyden alueilla, joissa perinteinen infrastruktuuri oli tuhoutunut. Vuoden 2023 alussa SpaceX kuitenkin asetti rajoituksia Starlinkin käytölle estääkseen sen hyödyntämisen aseellisissa hyökkäystoimissa, kuten pommituksiin tarkoitettujen droonien ohjaamisessa.

Päätös heijastaa SpaceX:n muuttuvaa kantaa kaupallisen teknologian eettisistä ja käytännön rajoista sodan aikana. Tilanne korostaa yksityissektorin roolin haasteita konfliktialueilla, joissa yritykset voivat vaikuttaa merkittävästi siihen, miten niiden teknologiaa sovelletaan, eli yksityinen toimija voi vaikuttaa suoraan sotilasoperaatioihin.

Ukrainan riippuvuus Starlinkistä on nostanut esiin kysymyksiä siitä, kuinka yksityisen yrityksen päätökset voivat vaikuttaa sotatoimiin. Yksityinen yritys voi määrittää, miten ja milloin kriittinen infrastruktuuri on käytettävissä. Tämä asettaa valtiot tilanteeseen, jossa niiden kyky toimia riippuu yritysvaltiaan päätöksistä.

Kyberilmiönä yritysvaltius on merkittävä strategisen tason haaste. Teknologinen kehitys on johtanut siihen, että valtiot ovat yhä enemmän riippuvaisia yksityisten yritysten hallitsemista kriittisistä järjestelmistä. Tämä riippuvuus ei ole pelkästään teknologinen tai taloudellinen, vaan se voi vaikuttaa suoraan valtioiden turvallisuuteen ja itsemääräämisoikeuteen.

Pilvipalvelusiirtymä kriisitilanteessa

Marraskuussa 2022 Ukraina ilmoitti siirtäneensä valtion kriittistä informaatiota kaupalliseen Amazon Web Services -pilvipalveluun (AWS). Tapahtumasta on julkisuudessa muodostettu houkutteleva tarina valtion kriittisen infor-

maation nopeasta evakuoinnista kriisitilanteessa valtioalueen ulkopuolelle ja käytöstä kaupallisessa pilvipalvelussa. Todellisuus on kuitenkin osoittautunut monimutkaisemmaksi kuin tapahtumaan liitetty tarina.

Pilvipalvelut mahdollistavat datan hajauttamisen maantieteellisesti ja sijainnin vaihtamisen tarvittaessa, mutta valtiolle kriittisen informaation siirrossa ja käyttämisessä voi kuitenkin olla merkittäviä haavoittuvuuksia ja lainsäädännöllisiä haasteita. Lakimuutosten jälkeenkään Ukrainan lait eivät salli turvaluokitellun datan siirtoa valtioalueen ulkopuoliseen pilvipalveluun.

Todennäköisesti Ukraina alkoi jollain tasolla valmistella valtion kriittisen informaation pilvipalvelusiirtoa Venäjän vallattua Krimin ja osia Itä-Ukrainasta vuonna 2014. Varsinainen pilvipalvelusiirtymisen mahdollistava lainsäädännöllinen valmistelu alkoi kuitenkin vasta vuonna 2019 ja saatiin hyväksytyä juuri ennen Venäjän laajentaman hyökkäyksen alkua. Ukrainan presidentti allekirjoitti lain maaliskuussa 2022, ja se astui voimaan puolen vuoden kuluttua allekirjoituksesta syyskuussa 2022.

Ukrainan sotatilan aikana voimassa oleva lainsäädäntö mahdollisti pilvipalveluiden käytön Ukrainan valtioalueen ulkopuolella jo maaliskuusta 2022 lähtien. Ukrainan pilvipalvelusiirtymä jouduttiin siis suorittamaan käytännössä suhteellisen nopeana datan evakuointitoimenpiteenä kriisitilanteessa sotatilan suomin valtuuksin, vaikka lainsä-



Venäjän hyökkäyksen myötä Ukraina siirsi osia valtion kriittisistä tietojärjestelmistä pilvipalveluun varmistakseen tietojen säilyvyyden ja valtion toimintakyvyn. (Kuva: Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator)

däntöä ja siirtoa oli alettu valmistelemaan jo muutamaa vuotta aikaisemmin.

Ukrainan tapaus osoittaa, kuinka hidasta valtion kriittisen informaation siirtäminen pilvipalveluun todellisuudessa on. Kyberilmiönä Ukrainan pilvipalvelusiirtymä kriisitilanteessa toimii ennakkotapauksena muille maille. On huomattava, että tarvitaan merkittävä määrä aikaa ja resursseja lainsäädännöllisestä valmistelusta itse fyysiseen siirto-operaatioon ja sen jälkeen datan käytettävyyden eli luotettavuuden ja eheyden varmistamiseen sekä yhteyksien turvaamiseen.

Informaatioinfrastruktuurin kaappaaminen ja verkkoliikenteen uudelleenreititys

Informaatioinfrastruktuurin kaappaamisella tarkoitetaan tilannetta, jossa hyökkääjät ottavat hallintaansa tietojärjestelmiä, verkkoja tai palveluja, jotka ovat kriittisiä tietojen keräämiselle, käsittelylle tai jakamiselle. Verkkoliikenteen uudelleenreititys puolestaan tarkoittaa liikenteen ohjaamista alkuperäisistä reiteistä poikkeaville solmuille tai alueille. Yhdessä nämä muodostavat kyberilmiön, jolla voidaan sekä taktisesti että strategisesti vaikuttaa tiedon saatavuuteen, eheyteen ja luotettavuuteen.

Sotilasoperaatioissa lyhytaikainen informaatioinfrastruktuurin kaappaus ja verkkoliikenteen uudelleenreititys ovat jopa erittäin todennäköisiä taktisia keinoja, koska maa-alueen haltuunoton yhteydessä operaattorin infrastruktuuri otetaan haltuun ja liitetään vastustajan valvonta- ja hallintajärjestel-



Haktivisti ja vigilantti voi olla kuka tahansa – toimija, joka yhdistää teknisen osaamisen ja ideologisen motivaation vaikuttaakseen kybertoimintaympäristön kautta. (Kuva: Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator)

män piiriin. On myös huomioitava, että normaalioloissa lyhytaikaisena kyseessä on ilmiö, joka näkyy globaalien internetin häiriönä, joita tapahtuu lähes viikoittain.

Venäjä on toimeenpannut mobiili- ja verkkoliikenteen uudelleenreititystä Ukrainassa maaliskuussa 2014 Krimillä, elokuussa 2018 Itä-Ukrainassa ja toukokuussa 2022 Hersonin alueella. Näitä tapauksia voidaan pitää esimerkkeinä fyysisen valtion kyberterritorion osan haltuunottoyrityksinä. Venäjä yritti korvata kyseisten alueiden reitityspolitiikan ja verkkoinfrastruktuurin omallaan ennen alueen varsinaista fyysistä liittämistä Venäjään.

Tämäntyyppisen informaatioteknologisen valloitusyrityksen vaikutukset ovat sekä psykologisia että teknologisia. Verkkoliikenteen uudelleenreitityksellä Venäjä pakotti Ukrainassa mobiili- ja verkkoyhteyksiä käyttävät ihmiset Venäjän internetkuplaan, jossa ihmisten kohtaama informaatio oli rajoitunutta ja vahvisti Venäjän asettamia päämääriä. Samalla Venäjä pystyi ulottamaan sensuurijärjestelmänsä uudelleenreititettyyn liikenteeseen estäen lännen sosiaalisen median ja uutispalvelut. Venäjän kautta reititetty liikenne on myös sen lainsäädännön alaista, mikä velvoittaa palveluntarjoajia tallentamaan käyttäjien viestiliikenteen ja antamaan viranomaisille pääsyn siihen.

Verkkoliikenteen uudelleenreititys on usein kohtalaisen helpposti havaittavissa, koska internetin runkoverkossa reititys tapahtuu autonomisten järjestelmien (*Autonomous Systems, AS*) välillä ja näiden välisten reitityssääntöjen tiedot ovat julkisesti saatavilla. Tästä johtuen liikenne pystytään normaalioloissa palauttamaan suhteellisen nopeasti. Kriisitilanteessa palauttaminen voi kuitenkin viivästyä, ja tämäntyyppisellä operaatiolla on mahdollista saada aikaan merkittäviä katkoksia halutun informaation levittämiseen.

Informaatioinfrastruktuurin kaappaaminen ja verkkoliikenteen uudelleenreititys voivat olla taktisesti ja strategisesti merkittäviä kyberilmiöitä. Ne mahdollistavat ei-fyysisen valtialueen hallinnan ja toimivat esimerkkinä kybersodan käynnistä konventionaalisten sotatoimien rinnalla.

Haktivismi ja vigilantismi sekä kybermobilisaatio

Haktivismi ja vigilantismi sekä kybermobilisaatio ovat Ukrainan sodan myötä julkisuuteen nousseita globaaleja kyberilmiöitä.

- **Haktivismi:** yksittäisen henkilön tai ryhmän kybertoimintaympäristössä harjoittama tavoitteellinen tai aatteellinen toiminta, jossa hyödynnetään erilaisia verkko-työkaluja.
- **Vigilantismi:** omankäden oikeuden jakamista kybertoimintaympäristössä.

Haktivismi ja vigilantismi ovat Suomen tämänhetkisen lainsäädännön mukaan rikollista toimintaa, johon esimerkiksi KRP on kehottanut olla osallistumatta.

Kybermobilisaatio on uusi ja vielä vakiintumaton ilmiö. Se eroaa perinteisestä sotilaallisten joukkojen ja tarvikkeiden valmistelusta monin tavoin. Maailmanlaajuisesti sijoittuneet haktivistit ja vigilantit eivät ole minkään valtion asevoimien suorassa palveluksessa, mikä tekee heidän oikeudellisesta asemastaan ja toimintansa oikeutuksesta kyseenalaista.

- **Kybermobilisaatio:** haktivistien ja vigilanttien aktiivointi, erilaisten kyberresurssien eli esimerkiksi infrastruktuuristen ja rahoituksellisten voimavarojen koordinointi ja hallinta sekä kyberhyökkäystyökalujen ja -menetelmien valmistelu ja varastointi.

Olennaista onnistuneelle kybermobilisaatiolle on myös mielipiteiden muokkaaminen suunniteltujen toimien julkisen hyväksynnän saavuttamiseksi.

Haktivismi ja vigilantismi sekä kybermobilisaatio kyberilmiöinä korostavat nykykonfliktien ja kybertaistelukentän globaaliutta ja monimuotoisuutta. Kyberilmiöinä nämä vaativat jatkuvaa seuraamista ja syvällisempää tutkimusta. Strategisessa suunnittelussa tulisi yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa pyrkiä rakentamaan kestävä toimintamalli haktivismin ja vigilantismin sekä positiivisten että negatiivisten vaikutusten hallintaan.

Wiper-haittaohjelmat

Wiper-haittaohjelmia käyttävät kyberoperaatiot ovat yleistyneet Ukrainan sodan aikana merkittävästi. Vuosina 2022–2023 Venäjä käytti Ukrainan vastaisissa kyberoperaatioissa ainakin 16 erilaista wiper-haittaohjelmaperhettä. Niitä on ilmestynyt lähes kaikille käyttöjärjestelmille, mutta koodin taso ja toteutus ovat heikentyneet merkittävästi sodan edetessä.

Wiper-haittaohjelmien tuhoivoimaa on verrattu kineettiseen vaikuttamiseen, koska niiden vaikutukset voivat olla yhtä tuhoisia kuin perinteisten aseellisten hyökkäysten. Wiper tarkoittaa nimensä mukaisesti ”pois pyyhkimistä”. Sen tarkoituksena on tuhota tai korruptoida tietoja pysyvästi niin, ettei niitä voi palauttaa.

Useimmat Ukrainan sodassa käytetyt wiperit oli ajastettu käynnistymään juuri ennen tai välittömästi seuraten Venäjän konventionaalisten hyökkäysten alkua. Tämä osoittaa jonkinlaista koordinaatiota kineettisten ja kybervaikutusten välillä. Wiper-haittaohjelmia on Ukrainassa käytetty pääasiassa tietojen tuhoamiseen ja kriittisen infrastruktuurin toimintakyvyn heikentämiseen. Hyökkäyksillä on pyritty luomaan häiriötä ja sekaannusta sekä vaikeuttamaan Uk-

rainan kykyä operoida ja reagoida nopeasti hyökkäyksiin. Hyökkäykset ovat olleet nopeasti toteutettuja ja tuhoisia, mutta niihin liittyy huono hallittavuus. Toisaalta tämä on vaikeuttanut myös Ukrainan puolustustoimia ja palautumista vahingoista.

Wipereiden vaikutukset ovat sekä teknisiä että psykologisia: ne voivat hetkellisesti lamauttaa yksittäisiä organisaatioita, mutta myös horjuttaa koko valtion toimintakykyä ja murentaa yhteiskunnan resilienssiä. Wiperit täydentävät muita vaikuttamisen muotoja, kuten aseellista voimaa, disinformaatiota ja taloudellista painostusta, muodostaen yhtenäisen vaikutusketjun. Useimmiten wiperit ovat kuitenkin ennemmin kyberrikollisten työväline kuin valtiollisen kybertoimijan kyberase.

Kyberilmiönä Venäjän wiper-haittaohjelmien kehitys ja käyttö osoittavat teknistä osaamistasoa ja tiedustellusta valmistelua. Venäjällä on myös kykyä yhdistää kybervaikuttaminen osaksi laajempaa sotilaallista ja psykologista operaatiota. Tuhovaikutuksistaan huolimatta wiper-haittaohjelmat eivät silti toimi kunnolla yleiskäyttöisinä, luotettavina aseina sodankäynnissä.

Wipereiden vaikutukset voivat siis olla epäselviä, ja niillä voi olla hallitsemattomia sivuvaikutuksia. Wiper-hyökkäysten analysointi ja seuraaminen kyberilmiönä on merkityksellistä kybervaikuttamisen erilaisten muotojen ja rajoitteiden ymmärtämisen kannalta.

Kyberilmiöt vaativat uudenlaista tutkimusotetta

Kyberilmiöitä leimaa laajuus, näkymättömyys, rajattomuus ja nopeus, mikä haastaa perinteiset tavat hahmottaa turvallisuutta, valtaa ja yhteiskunnallista toimintaa. Kuten edellä esitellyt kyberilmiöt havainnollistavat, kyberpuolustukseen liittyvien kyberilmiöiden ymmärtäminen vaatii myös monitieteellistä tutkimusotetta, jossa yhdistyvät tekninen asiantuntemus, yhteiskunnallinen ja sotatieteellinen analyysi ja kansainvälispoliittisten rakenteiden ymmärrys.

Kyberilmiöiden tutkimus ei rajoitu ainoastaan yksittäisiin teknologisiin uhkiin, vaan avaa näkymän toimintaympäristön kehitykseen, jossa teknologia, valta, turvallisuus ja globaali vuorovaikutus kietoutuvat yhteen monimutkaisella tavalla sekä normaali- että poikkeusoloissa. Tässä ympäristössä myös tutkijoiden tehtävä on muuttumassa – tarvitaan yhä enemmän kykyä yhdistää eri näkökulmia, tulkita monisyisiä ilmiöitä sekä erittäin nopeasti että hyvin hitaasti muuttuvassa kontekstissa ja tukea päätöksentekoa tiedolla, joka ylittää perinteiset tieteenalojen rajat.

Kirjoittaja:

Filosofian tohtori Mari Ristolainen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa kyberpuolustuksen tutkimusalalla.



Taistelutilan informaation hallinta ja johtaminen

Informaatioteknologian ratkaisut vaikuttavat taistelutilan hallintaan



(Kuva: Aidan Martinez / Wikimedia Commons)

Sotilaallisen toimintaympäristön teknologinen kehitys on haaste digitaalisen taistelutilan hallinnalle. Esimerkiksi kybertoimintaympäristön, avaruuden tai sähkömagneettisen spektrin hallinta edellyttää verrattain kehittynyttä kykyä ennakoida niihin liittyviä ilmiöitä ja uhkia.

Haasteena taistelutilan kokonaishallinnan kannalta on, että sotilaallisen toiminnan vaikutukset kohdistuvat usein muualle kuin siihen, missä itse sotilaallinen toiminta tapahtuu. Esimerkiksi Atlantin valtameren pohjassa oleviin tietoliikennekaapeleihin kohdistuva toiminta on vaikeasti valvottavaa, mutta vaikutuksiltaan potentiaalisesti laajaa. Uusien toimintaympäristöjen integroiminen operatiiviseen kokonaisuuteen edellyttää taistelutilan hallinnan menetelmien kehittämistä.

Taistelutilan hallinnan keinot ovat sidoksissa informaatioteknologian ratkaisuihin. Erilaisten digitaalisten laitteiden määrän kasvaessa digitaalisen taistelutilan kokonaiskontrolli vaikeutuu ja toisaalta tilannetietoisuuden muodostamisen menetelmät monipuolistuvat. Monissa päätelaitteissa mutta myös itse tietoverkkoinfrastruktuurissa on erilaisia sensori-

sia ominaisuuksia, joiden avulla ympäristöä voidaan havainnoida laajaltakin alueelta. Esimerkiksi radiolaitteissa niin kutsuttu RF-konvergenssi eli toimintojen sulauttaminen merkitsee yksittäisen radiolaitteen monipuolistuvaa roolia sekä päätelaitteena, tukiasemana että tiedustelujärjestelmän sensorina.

Ukrainan sodan kokemusten perusteella digitaalisen taistelutilan hallinnalla on puolustajalle keskeinen merkitys niin suojan kuin puolustustoimien onnistumisenkin kannalta. Ukraina on onnistunut kehittämään innovatiivisesti etenkin tilannetietoisuutta tukevia järjestelmiä.

Tilannetietoisuus luo perustan dataohjattuun päätöksentekoon

Tilannetietoisuuden ja -ymmärryksen muodostamisessa voidaan hyödyntää useissa eri vaiheissa tekoälyavusteisia järjestelmiä muun muassa datan keräämiseen, suodattamiseen, yhdistelyyn ja esittämiseen. Tekoälymallien vahvuutena on kyky tarkkailla useita eri tekijöitä ja muuttujia samanaikaisesti, havaita poikkeamia tai epäjatkuvuuksia sekä kyky jatkuvasti parantaa tulkintamallia oppimisen kautta. Tiedon

yhdistämisen kannalta keskeinen tekoälymallien kehittyvä ominaisuus on multimodaalisuus eli kyky tulkita eri muodoissa olevaa tietoa. Myös tilannesidonnaisuuden eli kontekstien tulkinta kehittyi jatkuvasti.

Dataohjatulla päätöksenteolla tarkoitetaan päätöksentekoa, joka perustuu järjestelmällisesti kerättyyn, analysoituihin ja todennettuun tietoon, ei siis pelkästään inhimilliseen kokemukseen ja intuitioon. Dataohjatussa päätöksenteossa päätökset perustellaan datalla etukäteen. Tämän edellytyksenä on riittävän luotettava ja laadukas data. Datan laadulla tarkoitetaan esimerkiksi reaaliaikaisuuden vaatimusta, lähteiden validointia, metatiedon hallintaa ja redundanssia tietolähteiden käytettävyydessä. Sotilaallisessa toiminnassa päätöksentekoa usein hidastaa välttämätön tiedon luotettavuusarviointi.

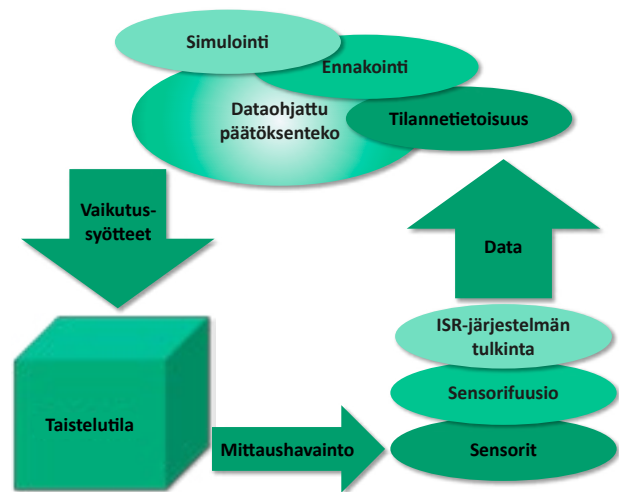
Dataohjattuun päätöksentekoon perustuvat järjestelmät asettavat tiukkoja vaatimuksia tietojärjestelmäinfrastruktuurille, jonka ylläpito taistelutilanteessa voi olla haastavaa. Hajautettujen verkostojen tuottaman datan, kuten sensortiedon, keskitetty käsittely edellyttää merkittävää datakeskuskapasiteettia. Lisäksi pilvipalvelut ja keskitetty laskenta asettavat tiukkoja vaatimuksia tiedonsiirtokyvylle ja datan eheydelle.

Taistelutilanteessa toiminta voi ajautua saarekkeisiin, jolloin datan laatu ja saatavuus voivat kärsiä. Tällöin kognitiivisten virheiden eli esimerkiksi tilannetietojen väärin tulkinnan riski saattaa lisääntyä. Sotilaallisen toiminnan luonteesta johtuen myös intuitiivisella päätöksenteolla on oma roolinsa nopeasti muuttuvissa olosuhteissa.

Mallinnusten ja erilaisten simulaatioiden merkitys kasvaa ennakoivassa päätöksenteossa. Taistelutilaa voidaan mallintaa aiempaa yksityiskohtaisemmin ja monipuolisemmin erilaisiin virtuaalisiin ympäristöihin. Simulaatioissa voidaan vertailla erilaisia tilanteita ja toimintavaihtoehtoja, olosuhteita, maastoa, joukkoja ja niihin liittyviä toimintaskenariota. Mallintaminen voi tuottaa riskiperusteisia suosituksia toiminnalle. Useita toimijoita osallistavissa digitaalisissa metaversumeissa voidaan myös tutustuttaa ja kouluttaa henkilöitä taistelutilan ominaisuuksiin.

Äly siirtyy tulevaisuudessa lähemmäs etulinjaa

Taistelutilan tiedon fuusiointi tapahtuu keskitetysti aiemmin kuvatulla tavalla. Keskitetyn arkkitehtuurin etuina ovat suuren laskentatehon mahdollistama tiedonkäsittelyn kapasiteetti ja helpompi tietojärjestelmien hallittavuus. Tietoturvan kannalta keskitetyn järjestelmän kybersuoja on helpompi toteuttaa, mutta onnistuessaan kyberhyökkäykset ovat vaikutuksiltaan laaja-alaisempia.



Periaatekuva taistelutilan informaatiovirroista. (Kuva: Eero Havu)

Seuraavalla vuosikymmenellä käyttöön tulevan 6G-tekniikan myötä reunaverkon merkitys tiedonkäsittelyssä kasvaa. Niin kutsutun reunalaskennan keskeinen ominaisuus on sen kyky suorittaa tiedonkäsittelyä lähellä datan syntyypistettä, kuten droonien, sensorijärjestelmien ja ajoneuvojen operatiivisessa ympäristössä. Tietoliikennetarkeitä kehitetään tukemaan datakeskeisempää operointitapaa. Esimerkiksi mobiiliverkkojen viipalointiratkaisut (*network slicing*) tarjoavat mahdollisuuksia jakaa verkko tehtäväkohtaisiin osiin, kuten tulenkäyttöön, komentoliikenteeseen tai simulaatioihin. Tekoälyagenteilla tällaisten resurssien käyttöä voidaan dynaamisesti optimoida operatiivisten tarpeiden mukaan.

Taistelukestävyyden kannalta on keskeistä ymmärtää erityyppisten järjestelmien haavoittuvuudet. Lähemmäs etulinjaa siirtyvä "äly" ja etenkin autonomisten droonien yleistymisen muodostavat tarpeen kehittää reunaverkon kybersuojaa. Uhkakuvana on riski autonomisten järjestelmien hallinnan menettämisestä. Tämänkaltaisia riskejä vastaan reunaverkon järjestelmiin, kuten drooneihin, on kehitetty suojausominaisuuksia, jotka mahdollistavat tarvittaessa järjestelmän pysäyttämisen tai eristämisen verkosta. Myös monivaiheinen autentikointi ja poikkeavan käyttäytymisen valvonta ovat keinoja suojata järjestelmää.

Läntinen ongelma: järjestelmien yhteensopivuus vai yhteinen komentojärjestelmä?

Edellä on kuvattu teoreettisella tasolla taistelutilan hallinnan informaatioteknologisia ratkaisuja. Naton *Multidomain operations* (MDO) -konsepti ei sellaisenaan tarjoa valmiita järjestelmäratkaisuja, vaan niitä tarkastellaan liittolaisten kesken. Näkökulmat eroavat suuresti tavoitteen suhteen. MDO-tutkimuksessa onkin viime aikoina painotettu kokonaisjärjestelmän sijaan tehtäväkohtaisia ratkaisuja. Yhtenä



Tekoälyn visio taistelutilasta. (Kuva: Eero Havu/ ChatGPT)

esimerkkinä on *Multi-domain Task Force* -joukkoryhmäajattelu (MDTF), jossa eri toimintaympäristöihin tarkoitettujen joukkojen toiminta samassa joukkoryhmässä yhteisen johdon alla.

MDO:n keskeinen edellytys on sensoritiedon fuusiointi. Naton *Joint Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* (JISR) -järjestelmän yksi keskeinen vaatimus ja samalla ongelma on operatiivinen yhteensopivuus (*interoperability*). Järjestelmän ongelmat liittyvät sekä teknisiin että toiminnallisiin rajoitteisiin. Haasteisiin pyritään kuitenkin vastaamaan esimerkiksi yhteensopivuutta ja standardointia kehittämällä.

Yhdysvaltalainen komentojärjestelmäkonsepti *Combined Joint All-Domain Command and Control* (CJADC2) pyrkii taistelutilan kokonaisvaltaiseen hallintaan liittolaiset mukaan luettuna. Kyse ei ole yksittäisestä järjestelmästä, vaan taktisen, operatiivisen ja strategisen tason valvonta- ja komentojärjestelmien yhdistelmästä, joka hyödyntää erityisesti pilvipohjaista data-analytiikkaa tiedonkäsittelyssä. Yhdysvaltalainen lähestymistapa painottaa kotimaisen puolustusteollisuuden tuottamia järjestelmäratkaisuja.

Venäjän taistelutilan hallinta painottaa strategista vertikaalia

Venäläisessä sotilaallisessa ajattelussa taistelutila asemoituu ensisijaisesti sotilasstrategiselle tasolle. Vuodesta 2014 toiminnassa ollut kansallisen puolustuksen johtokeskus edustaa Venäjän pyrkimystä keskitettyyn tilannetietoisuuden hallintaan. Johtokeskuksen tietoarkkitehtuuri perustuu suurteholaskentaan ja data-analytiikkaan. Merkittävää on erityisesti pyrkimys integroida strategisen, operatiivisen ja taktisen tason johtaminen yhtenäiseksi kokonaisuudeksi.

Taktis-operatiivisella tasolla Venäjällä on edelleen haasteita järjestelmien yhteensovittamisessa, erityisesti tiedustelun, elektronisen sodankäynnin ja tulenkäytön yhdistämisessä. Kiinteän tietoliikenneinfrastruktuurin puutteet, logistinen kompleksisuus ja standardoinnin heikkoudet heikentävät järjestelmien resilienssiä ja keskinäistä yhteistyötä. Vaikka tappoketjun nopeuttaminen on ollut keskeinen tavoite, sen toteutuminen on toistaiseksi rajautunut etulinjan lähellä toimiviin järjestelmiin. Ongelmista huolimatta Venäjä on osoittanut kykyä toteuttaa monimutkaisia operaatioita, joissa yhdistetään risteilyohjuksia, drooneja ja elektronista vaikuttamista.

Kiinan digitaalinen doktriini painottaa kokonaiskontrollia

Kiinan digitaalinen doktriini rakentuu järjestelmäkeskeiselle lähestymistavalle, jossa teknologinen infrastruktuuri, komentorakenne ja yhteiskunnallinen kontrolli muodostavat toisiinsa kytkeytyvän kokonaisuuden. Kiinan asevoimien digitalisaatio etenee osana laajempaa yhteiskunnallista teknologiapolitiikkaa, jossa tekoäly, kvanttilaskenta ja 6G-infrastruktuuri nähdään paitsi sotilaallisina suorituskykyinä, myös kansallisen kilpailukyvyyn välineinä.

Sotilaallinen komentorakenne on kytkeyty siviiliteknologian kehitykseen, ja puolustusteollisuus toimii erittäin tiiviissä yhteistyössä valtiollisten tutkimuslaitosten ja teknologiayritysten kanssa. Tämä mahdollistaa nopean innovaation siirron operatiiviseen käyttöön, mutta samalla vahvistaa järjestelmän suljettua ja hierarkkista luonnetta.

Kiinan digitaalinen komentomalli perustuu laajamittaiseen tiedonkeruuseen ja sen keskitettyyn analysointiin. Sensoridata, satelliittihavainnot, kybervälvonta ja sosiaalisen median analytiikka yhdistetään osaksi tilannekuvaa, jonka muodostaminen tapahtuu valtion täysin kontrolloimissa tietojärjestelmissä. Tiedon fuusiointi ei ole vain tekninen prosessi vaan osa strategista vaikuttamista, jossa informaatio toimii operatiivisena resurssina.

Pohdinta ja johtopäätökset

Vaikka informaatioteknologian hyödyntäminen taistelutilan hallinnassa tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia, sen soveltamiseen liittyy myös kriittisiä haasteita. Ensinnäkin tietoturva muodostaa perustavanlaatuisen riskin: mitä enemmän järjestelmiä automatisoidaan ja yhdistetään, sitä laajemmaksi kasvaa hyökkäyspinta-ala. Taistelutilan hallinnan kannalta tiedon luotettavuus muodostaa kriittisen perustan tilannekuvan muodostamiselle ja operatiiviselle päätöksenteolle. Digitaalisten sensorien, tekoälymallien ja hajautettujen tietojärjestelmien aikakaudella tiedon manipuloinnin mahdollisuudet ovat moninkertaistuneet.

Länsimaiden, Venäjän ja Kiinan taistelutilan hallinnan doktriinit heijastavat osin erilaista sotilasstrategista ajattelua, järjestelmäarkkitehtuuria ja operatiivista painotusta. Läntisessä ajattelussa on perinteisesti painotettu toiminnan vapautta sekä avoimempaa, operatiivisten järjestelmien teknologista ja horisontaalista yhteensopivuutta. Venäjä ja Kiina ovat painottaneet enemmän suljettua, kontrollikeskeistä, hierarkkista mallia, jossa keskeistä on vertikaalinen yhteensopivuus. Taistelutilan hallinnan kannalta on hyödyllistä ymmärtää sekä oman että potentiaalisten vastustajien järjestelmien teknologiset mahdollisuudet ja rajoitteet.

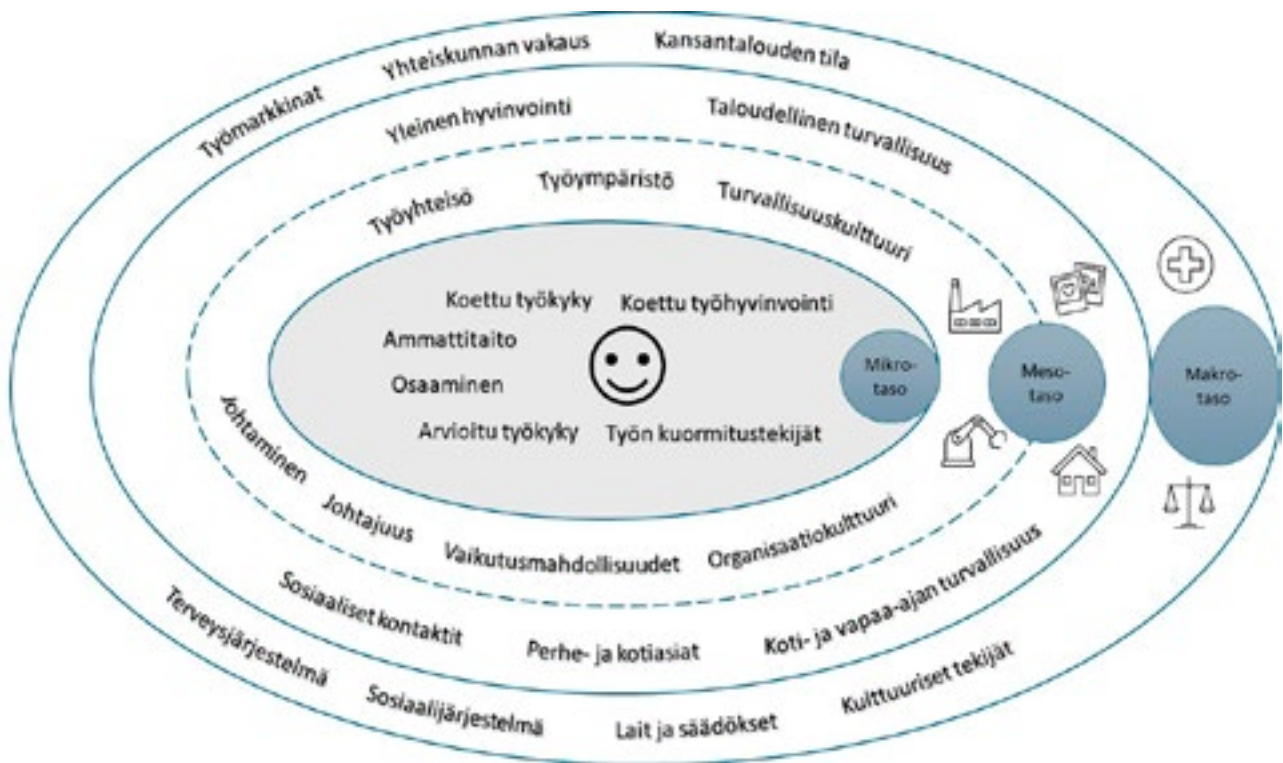
Kirjoittaja:

Kirjoittaja everstiluutnantti Eero Havu palvelee Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastolla tutkimusalojohtajan tehtävässä.



Taistelijan toimintakyky

Kokonaisvaltainen työhyvinvointi ja sen johtaminen



Kuva 1. Arto Reimanin ja Päivi Kekkosen kokonaisvaltainen malli työhyvinvoinnista, johon vaikuttavat niin yksilön henkilökohtaiseen elämään ja työpaikkaan liittyvät kuin yhteiskunnallisetkin tekijät. (Kuva: Arto Reiman ja Päivi Kekkonen)

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla toteutettiin vuosina 2023–2025 Pääesikunnan koulutusosaston tilaamana Työhyvinvoinnin johtaminen -tutkimushanke. Yksi tutkimuksen tavoitteista oli tarkentaa työhyvinvointiin liittyviä käsitteitä ja yhdenmukaistaa niiden käyttöä Puolustusvoimissa.

Tutkimuksen edetessä vahvistui käsitys käsitteistön tarkentamisen tarpeellisuudesta. Yhteinen näkemys siitä, mistä puhutaan, kun puhutaan työhyvinvoinnista, selkeyttää myös siihen liittyviä vastuita ja mahdollistaa organisaation yhteisten tavoitteiden asettamisen.

Uusimmassa suomalaisessa työolotutkimuksessa käy ilmi, että henkinen uupumus työssä ja kokemus stressistä ovat varsin yleisiä julkisen sektorin työntekijöillä. Työterveyslaitoksen mukaan työhyvinvoinnin heikentymistä suomalaisessa työelämässä ei ole saatu pysäytettyä. Työelämässä saatetaan usein tulkita tuottavuuteen, tehokkuuteen ja suorittamiseen

liittyvät vaatimukset henkilökohtaisina ongelmina. Työuupumus voidaankin diagnosoida masennukseksi, koska työuupumusta ei löydy virallisesta tautiluokituksesta.

Työhyvinvointi koostuu kuitenkin monista eri tekijöistä, kuten työn tekemisen olosuhteista, organisaatiokulttuurista sekä työntekijän elämäntilanteesta. Työhyvinvoinnin ymmärtäminen kokonaisvaltaisena ja monisyisenä ilmiönä onkin keskeistä etsittäessä keinoja sen ylläpitämiseen, kehittämiseen ja johtamiseen.

Työhyvinvoinnin käsite

Työhyvinvoinnin käsite on vakiintunut käyttöön suomalaisessa työelämässä 1990-luvulta lähtien. Käsitteelle ei kuitenkaan ole vakiintunut selkeää ja yleisesti hyväksyttyä määritelmää, vaan sitä käytetään monin eri tavoin työelämän arjessa, virallisissa yhteyksissä ja tieteellisessä kirjallisuudessa. Työhyvinvointi, työkyky ja toimintakyky ovat yleisesti

käytettyjä käsitteitä, joilla viitataan yksilön hyvinvointiin ja suoriutumiseen suhteessa työelämän vaatimuksiin ja haasteisiin.

Arkikielessä työhyvinvoinnin ja työkyvyn käsitteitä käytetään usein päällekkäin ilman, että niitä erotellaan toisistaan. Tutkimuskirjallisuudessa niiden välistä kytköstä sekä rajanvetoa on käsitelty niin syy-seurausyhteyksien kuin käsitteiden keskinäisen hierarkianakin näkökulmasta. Tämän tutkimushankkeen yhtenä tutkimustuloksena ja suosituksena on työhyvinvoinnin ymmärtäminen kokonaisvaltaisena käsitteenä. Työkyky ja toimintakyky puolestaan voidaan ymmärtää työhyvinvoinnin keskeisinä osatekijöinä.

Terveystilan ja työkyvyn voidaan ajatella olevan työhyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä, mutta toisaalta myös työhyvinvointi vaikuttaa terveystilaan ja työkykyyn. Yksinkertaisimmillaan työkyvyllä tarkoitetaan ihmisen kykyä tehdä työtä tai suoriutua työtehtävästään, kun taas toimintakyvyllä viitataan ihmisen kykyyn suoriutua arkielämän vaatimuksista.

Puolustusvoimien kontekstissa toimintakyvyn käsite sisältää lisäksi omat erityispiirteensä, kun tarkastelun alle otetaan yksittäisen sotilaan toimintakyky niin normaali- kuin poikkeusoloissa.

Työhyvinvoinnin ymmärtäminen kokonaisvaltaisena ilmiönä ja käsitteenä tarkoittaa myös työn ulkopuolisten tekijöiden huomioimista osana hyvinvoinnin rakentumista. Kuten kuva 1 havainnollistaa, työhyvinvointia voidaan tarkastella laajemmin huomioiden kolme eri tasoa: yksilölähtöinen näkökulma sekä työpaikan ja laajemmin yhteiskunnan taso.

Kokonaisvaltainen ymmärrys työhyvinvoinnista sisältää muun muassa seuraavia tekijöitä:

- työpaikan toimintatavat
- kokemus työstä
- fyysinen työympäristö
- turvallisuuskulttuuri
- yksilön terveydentila
- koti
- yhteisö
- yhteiskunta.

Työhyvinvoinnin kannalta tärkeinä yksittäisinä tekijöinä voisi nostaa mahdollisuuden tuoda esiin omia näkemyksiä sekä kokemuksen työn merkityksellisyydestä. Puolustusvoimien viimeisimmän henkilöstötilinpäätöksen (2024) mukaan parhaimpia arvioita työyhteisökyselyssä saatiinkin työtehtävien merkityksellisyydestä ja sitoutuneisuudesta.

Työhyvinvoinnin johtaminen

Työhyvinvoinnin menestyksekkäässä johtamisessa huomioidaan kaikki edellä mainitut näkökulmat. Yksilön omat kokemukset työhyvinvoinnista ovat keskeisiä, ja tarpeen mukaan huomioidaan myös terveydenhuollon arvio toiminta- ja työkyvystä.

Johtamisen näkökulmasta on hyvä ottaa huomioon yksilön osaaminen ja työtehtävän vaativuus sekä yksilöön kohdentuvat kuormitustekijät ja toisaalta voimavaratekijät. Työpaikan tasolla työhyvinvoinnin johtamisessa tarkastellaan rakenteita, prosesseja ja käytäntöjä, esimerkiksi työyhteisön toimintaa ja toimivuutta sekä turvallisuustekijöitä. Myös työpaikan ulkopuoliset tekijät ja olosuhteet tulisi mahdollisuuksien mukaan huomioida, sillä niillä voi olla monenlaisia vaikutuksia työhyvinvointiin.

Yhteiskunnan taso auttaa hahmottamaan laajemmin organisaation toimintaympäristöä. Lait ja säädökset asettavat organisaation toiminnalle omat standardinsa, mutta niitä voidaan pitää enemmänkin minimitasona. Yhteiskunnallisen tason tarkastelu auttaa hahmottamaan myös niitä työhyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä, joihin yksilö tai organisaatio ei välttämättä voi vaikuttaa. Tällaisia ovat esimerkiksi vallitseva turvallisuustilanne ja sen aiheuttama epävakaus.

Puolustusvoimien viimeisimmässä henkilöstötilinpäätöksessä todetaan, että osa sairauspoissaoloista johtuu työhyvinvointiin vaikuttavista asioista, joista esiin on nostettu erityisesti johtaminen, työn organisointi, työyhteisöjen ilmapiiri ja vuorovaikutus. Luonnollisesti myös työtahtiin ja työaikoihin tulisi kiinnittää huomiota, ja yleisesti ottaen keskeisimpiä kuormitustekijöitä työssä ovatkin kiire ja liialliset aikapaineet. Hallintoyksiköiden työhyvinvointitoiminnassa liikuntaan ja muuhun virkistäytymiseen liittyvillä tapahtumilla on ehdottomasti paikkansa, mutta tärkeintä on rakentaa työhyvinvointia pitkäjänteisesti työpaikan päivittäisellä toiminnalla ja johtamisella.

Oleellinen osa työhyvinvoinnin johtamista on strateginen johtaminen ja ylimmän johdon sitoutuminen työhyvinvointiin liittyvään rakenteelliseen kehittämiseen. Työhyvinvoinnin strategisessa johtamisessa määritetään käytettävät käsitteet, asetetaan tavoitteet sekä valitaan mittarit, joiden avulla voidaan niin ennakoida työhyvinvointiin liittyviä mahdollisia ongelmia kuin seurata asetettujen tavoitteiden toteutumista ja tehdä johtopäätöksiä kehittämistarpeista.

Kirjoittajat:

Yhteiskuntatieteiden tohtori Suvi Kouri ja yhteiskuntatieteiden maisteri Anitta Hannola toimivat henkilöstöalan tutkijoina Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla.

Johtajavalintoihin kehitetty uusi Peruskoe 2



Kuva 2. (Christian Pirskanen/Puolustusvoimat)

Puolustusvoimat otti käyttöön uuden Peruskoe 2:n heinäkuussa 2025 palvelukseen astuneen saapumiserän johtajavalinnoissa. Käyttöönottoa edelsi mittava kehitys-, testaus- ja valmistelutyö, jotta voitiin varmistua kaiken toimivan tositilanteessa halutulla tavalla. Testin ohella myös peruskokeiden läpivientä uudistettiin monin tavoin.

Peruskoe 2 on psykologinen persoonallisuustesti, joka kehitettiin 1970-luvulla johtajavalintojen tekoa varten. Sillä saadaan tietoa varusmiesten johtajaominaisuuksista ja paineensietokyvystä. Testi otettiin käyttöön vuonna 1982, ja sen johtajaominaisuuksia mittaava osa uusittiin vuonna 2001.

Peruskoe 2 uudistettiin kokonaan 2020-luvun alussa. Uudistuksen taustalla oli tarve vastata paremmin varusmiestehävien nykyajan vaatimuksiin ja laajentuneeseen käsitykseen johtajuudesta. Uudistetun testin avulla saadaan kerättyä tietoa varusmiesten johtajapotentiaalin lisäksi heidän soveltuvuudestaan eri tehtäviin.

Uusi Peruskoe 2 pohjautuu vuosien kehitys- ja tutkimustyöhön. Ennen testin kehittämistä kartoitettiin varusmiestehtävissä tarvittavia ominaisuuksia. Ominaisuudet määriteltiin Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toteuttaman Maavoimien toimintakykytutkimuksen sekä aikaisempien Puolustusvoimien tutkimusten perusteella. Uudella Peruskoe 2:lla mitataan toimintavalmiuksia, jotka koskevat muun muassa

- paineen alla toimimista
- päätöksentekoa
- ihmisten johtamista
- yhteistyötä
- tilanteen mukaista toimintaa.

Kehitystyön aikana havaittiin, että uudella Peruskoe 2:lla voidaan tunnistaa myös yksilöitä, joilla on kohonnut palveluksenkeskeyttämisriski.

Uusi Peruskoe 2 koostuu 322 persoonallisuutta ja toimintatapaa kuvaavasta väittämästä, joiden sopivuutta kuvaamaan itseään vastaaja arvioi. Testi on huomattavasti lyhyempi ja

siten nopeampi vastata kuin edeltäjänsä, jossa väittämiä oli 526 kappaletta.

Testistä kehitettiin myös 145 väittämää sisältävä lyhennetty versio, johon varusmiehet vastaavat OmaIntti-palvelussa alokaskyselyn ohella ennen palvelukseen astumista. Lyhennetty versio tuottaa vastaavat tulokset kuin täysi versio. Joukko-osastot voivat hyödyntää sen tuloksia suunnitellessaan alokkaiden sijoittamista eri yksiköihin.

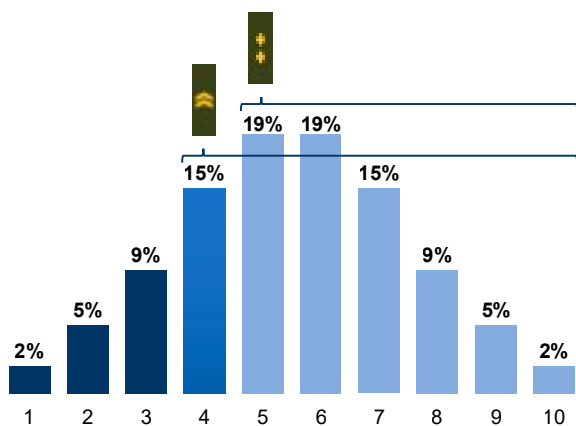
Peruskoe 2:n tuottamat arviot

Uusi Peruskoe 2 tuottaa arvion henkilön johtaja- ja taistelijapotentiaalista. Johtajapotentiaali kuvastaa edellytyksiä toimia johtajatehtävissä. Taistelijapotentiaali puolestaan kuvastaa edellytyksiä toimia vaativammissa, erityisesti paineensietokykyä edellyttävissä miehistötehtävissä.

Arviot muodostuvat jakamalla testin tulosjakauma kymmeneen luokkaan (1–10), jossa suurempi luku kuvastaa korkeampaa potentiaalin tasoa. Johtajapotentiaaliarviota hyödynnetään valittaessa varusmiehiä johtajakoulutukseen. Valinta aliupseerikurssille edellyttää vähintään tulosta neljä (4) ja reserviupseerikurssille tulosta viisi (5). Näillä vaatimuksilla aliupseerikurssivalinnassa karsiutuu Peruskoe 2:n perusteella 16 prosenttia ja reserviupseerikurssivalinnassa 31 prosenttia varusmiehistä (kuva 1).

Muutoksia Peruskoe 2:n läpivientiin

Uudistuksen yhteydessä Peruskokeen käytännön läpivientiä kehitettiin monin tavoin. Vanhan testin tapaan vastaaminen tapahtuu edelleen tehtävivihkoja ja optisia vastauslomakkeita käyttäen (kuva 2). Tehtävivihot ja lomakkeet kuitenkin uusittiin vastaamaan uuden testin rakennetta. Lomakkeissa huomioitiin myös vuoden 2023 henkilötunnusuudistus. Uudet lomakkeet luetaan Puolustusvoimien toimipisteissä yleisesti käytössä olevilla monitoimilaitteilla, mikä tuo tu-



Kuva 1. Johtajapotentiaali (Kuva: Jaakko Kulomäki)

lostien käsittelyyn joustavuutta ja mahdollistaa luopumisen vanhoista epäluotettavaksi käyneistä lukijalaitteista.

Myös tulosten käsittelyssä käytettävät järjestelmät uudistettiin. Kokonaan uutena kehitettiin Tuve-verkossa (Hallinnon turvallisuusverkko) toimiva Peruskoeohjelma, jolla kokeen tulokset pisteytetään ja siirretään edelleen yhdistettäväksi varusmiehen tietoihin. Verkossa toimiva ratkaisu mahdollistaa tulosten käsittelyn joustavasti paikasta riippumatta ja nopeuttaa tiedon siirtämistä eri järjestelmien välillä vähentäen virheiden mahdollisuutta.

Peruskoe 2:n käyttöönotto

Ennen uudistetun peruskokeen käyttöönottoa järjestelmää testasivat Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Järjestelmäkeskus, Puolustusvoimien palvelukeskus, Pääesikunta ja joukko-osastot. Kokeen toimeenpanoa kokeiltiin käytännössä syksyllä 2024 Urheilukoulussa, jossa sata varusmiestä vastasi testiin todenmukaisessa koetilanteessa. Keväällä 2025 harjoiteltiin testitulosten käsittelyä kaikissa Puolustusvoimien ja Rajavartiolaitoksen varusmieskoulutusta antavissa joukko-osastoissa. Harjoittelun tarkoituksena oli perehdyttää henkilöstö tulosten käsittelyyn sekä tunnistaa järjestelmissä mahdollisesti vielä piileviä ongelmia.

Huolellinen valmistelu kantoi hedelmää, ja uutta Peruskoetta ja järjestelmää käytettiin ensimmäistä kertaa tositilanteessa heinäkuun 2025 saapumiserällä. Testi saatiin vietyä läpi kaikissa joukko-osastoissa suunnitelmien mukaisesti, eikä merkittäviä ongelmia ilmennyt. Testin tulosjakaumat olivat odotusten mukaiset ja toimeenpanon kanssa työskennelleen henkilöstön antama palaute pääsääntöisesti myönteistä.

Peruskoe 2:n tulevaisuus

Peruskoe 2:n kehitystyö jatkuu vielä lähivuodet testin toimivuuden seurannalla sekä erilaisten parametrien säätämällä. Varusmiesten valintajärjestelmän kehittyessä Peruskoe 2:n tuottamaa tietoa hyödynnetään laajemmin valittaessa varusmiehiä myös muihin kuin johtajatehtäviin.

Seuraavana uudistamisvuorossa on yleislahjakuudesta Peruskoe 1, jonka avulla arvioidaan erityisesti varusmiesten oppimisedellytyksiä johtajakoulutuksessa. Testin nykyversio on ollut pienin muutoksin käytössä vuodesta 1981. Testi ei enää täysin vastaa varusmiespopulaatioissa tapahtuneeseen kielelliseen ja kulttuuriseen kehitykseen sekä Puolustusvoimien muuttuneisiin testaustarpeisiin. Peruskoe 1:n uudistamiseen tähtäävä hanke käynnistyy vuonna 2026.

Kirjoittaja:

Psykologian lisensiaatti Jaakko Kulomäki toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa sotilaspsykologian tutkimusalalla.



Vaikuttaminen ja suoja

Missä viipyvät miehittämättömät maa-ajoneuvot?



Diehl Defence Ziesel -UGV-ajoneuvo Maavoimien testitapahtumassa. (Kuva: Mikko Miettinen)

Miehittämättömät maa-ajoneuvot (*Unmanned Ground Vehicles, UGV*) ovat kauko-ohjattavia tai osittain autonomisia robottiajoneuvoja, jotka on suunniteltu suorittamaan tiettyjä tehtäviä itsenäisesti maastossa liikkuen ilman kyydissä olevaa ihmistä.

Tässä artikkelissa käsitellään maastossa liikkumaan kykeneviä, sotilaskäyttöön soveltuvia UGV-ajoneuvoja. UGV:n kehitys ja varsinkin laajamittainen käyttö on edennyt selkeästi hitaammin kuin lentävien ja vedessä liikkuvien robottilavettien kehitys.

Miehittämättömät maa-ajoneuvot

Miehittämättömät maa-ajoneuvot tai maarobotit ovat kauko-ohjattavia tai osittain autonomisia robottiajoneuvoja, jotka on suunniteltu suorittamaan tehtäviä maassa liikkuen ilman kyydissä olevaa ihmistä. Tavoitteena on, että ajoneuvot suorittavat monimutkaisia toimintoja haastavissa ympäristöissä.

Ajoneuvot on usein varustettu sovelluskohteen mukaisilla tilannetietoisuutta ja liikkuvuutta tukevilla sensoreilla sekä varsinaista operointia mahdollistavilla toimilaitteilla. Maarobotit parantavat turvallisuutta, tehokkuutta ja toimintakykyä vähentämällä ihmisen läsnäolon tarvetta riskialttiilla tai vaikeapääsyisillä toimialueilla.

Siviilikäytössä UGV-ajoneuvoja käytetään muun muassa erilaisiin etsintä- ja pelastustoimintoihin sekä maatalouden ja teollisuuden tarpeisiin. Sotilaskäytössä käyttötapaukset jalostuvat paraikaa, ja tämänhetkiset yleisimmät sovelluskohteet keskittyvät esimerkiksi huollon käyttökohteisiin (*sustainment, movement*), pioneeritoimintaan (*protection, movement*) ja vaikuttamiseen (*fres*).

UGV-ajoneuvojen kehitys ja haasteet

Miehittämättömien maajärjestelmien (*Unmanned Ground System, UGS*) kehitys ja käyttöönotto on edennyt hitaammin kuin lentävien (*Unmanned Aerial System, UAS*) tai

UGV-JÄRJESTELMÄ

LAVETIT

SENSORIT JA TILANNEKUVA

HYÖTYKUORMAT JA TOIMILAITTEET

OHJAUS- JA DATAYHTEYS

AUTONOMIA JA TEKOÄLY

LIKKUVUUS



OPERATIIVINEN KÄYTTÖ

KÄYTTÖTAPAUKSET

OPERAATTORIT

OPEROINTI

- ETÄOPEROINTI
- LÄHIOPEROINTI
- AUTONOMINEN TOIMINTA

Miehittämättömän maa-ajoneuvon suorituskyvyn rakentumisen osatekijöitä sotilaskäytössä. (Kuva: Timo Lampinen, UGV:n kuva Timo Lampinen/ChatGPT)

vedessä liikkuvien (*Unmanned surface/underwater System, USS/UUS*) järjestelmien kehitys.

Suorituskyvyn rajallisuus

Yleisesti voidaan nähdä, että UGV-ajoneuvojen verkkaisempaa esiinmarssia sotilaskäytössä selittää osaltaan maajärjestelmien tuottaman uuden suorituskyvyn rajallisuus verrattuna esimerkiksi erittäin kustannustehokkaiden UAS-järjestelmien murrokselliseen muutosilmioon taistelukentällä. Maajärjestelmien käyttötapaukset eivät ole vielä tässä vaiheessa tuottaneet riittävän merkittävää uudenlaista suorituskykyä, joka olisi mahdotonta saavuttaa ainakin osittain nykyisillä miehityillä järjestelmillä.

Kaupalliset UGV-ajoneuvot ovat alustoina kehittymässä vastaamaan asevoimien vaatimuksia maastoliikkuvuuden ja mekaanisen suorituskyvyn, kuten olosuhteiden, kestävyys-suhteen. Lisäinnovaatioita tarvitaan kuitenkin muun muassa liikkuvuuteen epätasaisissa maastoissa ja parempaan esteiden tunnistamiseen ja luokitteluun.

Nykyiset osittain autonomiset maarobottijärjestelmät toimivat tietyissä rajoitetuissa ympäristöissä, kuten logistiikkakuljetuksissa niille opetettuja selkeärajaisia metsäuria pitkin. Ajoneuvojen käyttö maastossa laajemmin on vielä rajattua ja vaatii ihmisoperaattorin tukea vaativimmissa maastonkohdissa. Ihmisoperaattori kykenee autonomisen ajon havainnointia ja liikettä sulavampaan ja nopeampaan etenemiseen maastoajossa. Ihminen osaa vielä toistaiseksi ennakoita ja lukea maastonpiirteitä paremmin, tarkemmin ja pidemmälle. Tästä esimerkkinä on ihmisen kyky varautua maastonmuotoihin esimerkiksi lisäämällä tai vähentämällä ennakoita ajoneuvon nopeutta ja näin optimoida liikkuvuutta juuri tiettyyn maastonkohtaan.

Liikkumisen sulavuuden puute

Autonominen liikkuminen kärsii vielä toistaiseksi etenemisen sulavuuden puutteesta. Kuitenkin jo tässä vaiheessa UGV-ajoneuvot kykenevät suoriutumaan itsenäisesti liikku-

misesta operointia tukevissa osatehtävissä, kuten seuraamistoiminnoissa ja osittain itsenäisessä navigoinnissa.

Sensoriteknologioiden rajoitukset

UGV-ajoneuvojen suorituskykyä rajaavat toistaiseksi myös sensoriteknologioiden rajoitukset, kuten niiden kantama, resoluutio, mekaaninen kestävyys ja tietojen fuusiointi. Maastossa liikkumista varten tarvitaan erittäin kehittyneitä sensoreita. Lisäksi navigointi ja esteiden välttäminen vaihtelevissa, dynaamisesti muuttuvissa ja arvaamattomissa maastoissa on selkeästi vaikeampaa kuin esimerkiksi lentävillä roboteilla lentäminen.

Laskentatehon rajallisuus

Reaaliaikainen sensorifuusio, navigointi ja päätöksenteko vaativat paljon laskennallista suorituskykyä. UGV-järjestelmien toimilaitteet ovat myös vasta jalostumassa, ja käyttötapaukset ohjaavat kehitystä. Autonomisten toimintojen lisääntymisen tavoite ei ole pelkästään vähentää ihmisen kuormitusta lavettien suorana ohjaajana, vaan mahdollistaa lavettien toiminnallisuus suuremmille etäisyyksille.

Lisäksi esimerkiksi maaston muodot, puusto ja rakennukset saattavat rajoittaa radioihin pohjautuvan etäoperoinnin toimintaetäisyyden satoihin metreihin, kun vastaavasti esimerkiksi UAS-järjestelmissä operointietäisyys on moninkertainen.

UGV-ajoneuvot Ukrainan sodassa

Ukrainan sodassa molemmat osapuolet ovat aivan alusta asti käyttäneet lentäviä ja vedessä kulkevia robottilavetteja iskemään vihollisen logistiikkaan, kalustoon, infrastruktuuriin sekä sotilaisiin. Maarobottien käyttö ei ole ollut laajamittaista, tai se ei ole ainakaan näkynyt sellaisena ulospäin. Tämä on kuitenkin muuttumassa.

Ukrainan ja Venäjän UGV-ajoneuvojen käytöstä on tullut yhä laajempaa sodan pitkittyessä. Kansainvälisten toimijoiden mukana olo sekä uudet innovaatiot ovat lisänneet maa-



Miehittämätön Milrem Robotics THeMIS UGV -maa-ajoneuvo Maavoimien UGV-tapahtumassa. (Kuva: Mikko Miettinen)

robottien käyttöä, ja niitä on myös yhä paremmin integroitu laajempiin sotilaallisiin strategioihin. Vuodelle 2025 Ukraina asetti itselleen tavoitteeksi toimittaa asevoimille 15 000 UGV:tä, kun vuonna 2024 niitä toimitettiin vain noin 2 000. Tähän mennessä ainakin 40 ukrainalaista yritystä on valmistanut yli 200 erilaista kotimaista UGV-versiota. Arvioiden mukaan jopa 90 prosenttia Ukrainan sotilaallisista UGV:istä tukee huollon tarpeita esimerkiksi rintamalinjojen läheisyydessä.

Miehittämättömien maa-ajoneuvojen käyttö Ukrainassa on ollut kasvussa, mikä johtuu uusien teknologisten ratkaisuiden käyttöönoton tarpeesta sodan jatkuvan muutoksen keskellä. Tämä kehitys heijastaa myös Ukrainan laajempaa strategiaa modernisoida asevoimiaan ja hyödyntää uusia innovatiivisia teknologioita.

Ukrainan puolustusteollisuus ja teknologia-alan startupit ovat keskittyneet luomaan maarobotteja tiedustelu-, valvonta-, logistiikka- ja taistelutehtäviin integroimalla uusia antureita, tekoälyä ja autonomisia navigointijärjestelmiä. Yhteistyö kansainvälisten kumppaneiden kanssa ja alustojen jatkokehitys ovat nopeuttaneet niiden käyttöönottoa ja



Esteri Group Oy:n UGV-ajoneuvo Maavoimien testitapahtumassa. (Kuva: Timo Lampinen)

parantaneet Ukrainan operatiivisia valmiuksia taistelukentällä. Pääosa käytössä olevista maaroboteista on edelleen kauko-ohjattavia ja vain tietyissä rajoitetuissa toiminnoissa osittain autonomisia.

Tulevaisuuden näkymät

Länsimaissa sotilaallisena trendinä on selvä tavoite siirtyä kohti miehittämättömiä ja autonomisia järjestelmiä. Miehittämättömät teknologiat ovat muuttaneet sodankäynnin luonnetta Venäjän Ukrainaa vastaan käymän hyökkäyssodan aikana. Miehittämättömät maa-ajoneuvot ovat olleet yksi osatekijä tässä muutoksessa.

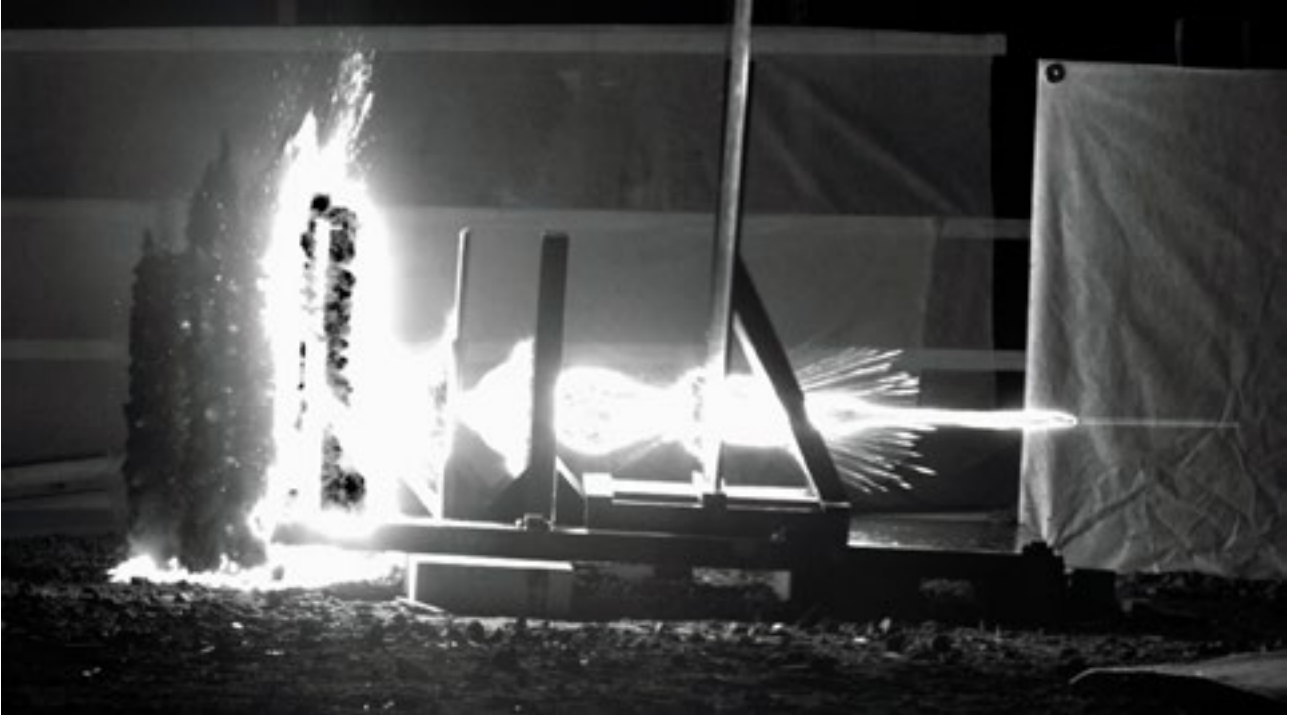
Vaikka maarobotit ovat olleet vain murto-osa sodassa käytetyistä miehittämättömistä laveteista, niiden käyttötavat ja määrä ovat kasvaneet merkittävästi. UGV:n sovelluskohteiden määrä jatkaa kasvuaan lähivuosina, ja yhtenä mahdollisena kehityssuuntana on yhteisoperointi muiden, esimerkiksi UAS-lavettien, kanssa. UGV-markkinoiden odotetaan kaksinkertaistuvan seuraavan kymmenen vuoden aikana ja saavuttavan arviolta 1,35 miljardin dollarin maailmanlaajuisen arvon vuoteen 2035 mennessä.

Kirjoittajat:

Diplomi-insinööri Mikko Miettinen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa häivetekniikan tutkimusalalla.

Insinöörikapteeni Timo Lampinen toimii tutkimusinsinöörinä Maavoimien tutkimuskeskuksessa.

Panssaroidun kaluston suoja



Kuva 1. Ontelosuihku läpäisee maalilaitteen panssarointititestissä. (Kuva: Anne Kaaja)

Ennen Ukrainan sodan alkua taistelupanssarivaunun pahimpana uhkana pidettiin vastapuolen vastaavan kaltaisia vaunuja ja panssarintorjunta-aseista (pst) erityisesti ohjuksia. Sodan kehityksen myötä uhkakuvakirjasto on laajentunut, mutta samoin on käynyt suojautumiskeinojen, vaikka pääperiaate on pysynyt samana: välttä havaituksi tuleminen ja tulivaikutukseen joutuminen, ammu ensin ja viime kädessä pyri hyödyntämään panssaroinnin tarjoamaa suojaa.

Muuttunut tarve

Ukrainan sodan alkutahdit soitettiin perinteisemmän kaavan mukaan, jossa puolustaja pyrki kuluttamaan hyökkääjän mekanoitua kalustoa sinko- ja ohjusasein. Varsinaisia vaunu vastaan vaunu -taistelua käytiin ilmeisen vähän. Tämän kaltaisissa tilanteissa hyökkääjän vaunujen räjähtävällä lisäpanssarilla (*explosive reactive armor*, ERA) varustetut vaunut olivat kohtuullisen hyvin suojattuja, ja lopputulos olisi voinut olla erilainen, jos niiden antamaa suojaa olisi osattu hyödyntää täysimääräisesti.

Nyt suurimmat tappiot aiheutuivat niin sanotusta sodan kitkasta. Tämä ilmeni heikkona johtamisena, joukon tilan-

netietoisuuden ja motivaation puutteena sekä polttoaine- ja ampumatarvikehuollon laiminlyönteinä. Lisäksi mekanisoitu kalusto jätettiin vaille jalkaväen ja epäsuoran tulen antamaa suojaa. Raportoidusti vihollisen vaunut kestivät useitakin pst-aseiden osumia ja monesti miehistö hylkäsi vaunun ilman, että siihen oli saatu aikaiseksi läpäisevää osumaa.

Ukrainan sotamenestys on ollut pitkälti länsimaisen avun varassa. Ukrainalaiset ovat kuitenkin nopeasti pystyneet käynnistämään omaa teollista tuotantoaan tietyillä osa-alueilla ja modifioimaan länsimaista kalustoa paremmin paikallisiin olosuhteisiin sopivaksi. Tästä esimerkkinä on todella laajan droonituotannon käynnistäminen ja länsimaisen mekanisoidun kaluston suojaaminen räjähtävien lisäpanssarein. Näissä molemmissa Ukraina on toiminut suunnannäyttäjänä.

Länsimaissa on pikkuhiljaa havahduttu siihen, että mekanisoidun kaluston peruspanssaroinnin antama suoja ei ole riittävä. Sen kasvattaminen vaatii monimutkaisten ja kalliiden ratkaisujen kehittämistä, joiden massatehokkuudessa on toivomisen varaa. Monessa länsimaassa on ryhdytty tarkastelemaan uudelleen räjähtävien lisäpanssarointien tuomaa lisäsuojaa juurikin sen ylivoimaisen massa- ja kustannustehokkuuden vuoksi. Aiemmin aihe oli lähinnä tabu

sen mahdollisen vaarallisuuden vuoksi erityisesti jalkaväelle ja ERA:n käyttö liitettiin yleensä itäkalustoon. Tämänhetkissä länsimaisissa sovellutuksissa ERA:n vaikutusta vaunuun ja jalkaväkeen on kyetty pienentämään oleellisesti sekä spesifioimaan haluttu vastatoimi juuri tiettyä uhkaa vastaan.

ERA-panssarointi antaa hyvän lisäsuojan perinteisiä pst-aseita sekä vihollisvaunun ampumatarvikkeita vastaan, mutta drooniuhkaan sen hyödyt ovat rajalliset. Sodan pitkittyessä erilaisten miehittämättömien järjestelmien käyttötavat ovat muuttuneet, ja tämä koskee sodan molempia osapuolia. Ilmauhka on käytännössä koko ajan läsnä, koska miehittämättömiä järjestelmiä voidaan käyttää monin eri tavoin, muun muassa tiedusteluun, maalin osoitukseen ja paikannukseen, tulenjohtamiseen, räjähteiden pudottamiseen ja kamikaze-tehtäviin.

Länsimaiden vastatoimet

Kyetäkseen vastaamaan muuttuneeseen tarpeeseen on länsimaissa meneillään useita päällekkäisiä projekteja, joilla parannetaan mekanisoidun kaluston suojaa. Jos tarkastelun ulkopuolelle jätetään häiveominaisuudet ja maastouttaminen, suurin osa projekteista keskittyy sekä lavettitason että joukon tilannetietoisuuden parantamiseen.

Suurin osa käytössä olevasta kalustosta on vanhaa, joten niiden optiikan, sensorien ja ammunnanhallinta- sekä johtamisjärjestelmien päivittäminen tähän päivään lisää niiden suorituskykyä sekä taistelunkestoa. Pitkään kehitteillä olleet mutta vasta aivan viime aikoina operatiivisessa käytössä olleet aktiiviset omasuojajärjestelmät yhdistävät tutka- sekä elektro-optoniikkaa, mikä parantaa huomattavasti lavettitason ja joukon tilannetietoisuutta sekä uhan paikantamiskykyä ja nopeaa vastatulen avausta. Kyseiset järjestelmät voidaan integroida siten, että ne reagoivat tiettyyn uhkaan halutulla tavalla esimerkiksi laukaisemalla vaunujen suoja-savut tai torjumalla vastaheitteellä vaunua kohti laukaistun singon tai ohjuksen ammuksen.

Näitä kevyempiä (sekä painoltaan että kustannusvaikutuksiltaan) ovat erilaiset varoitinjärjestelmät, joilla kyetään havaitsemaan esimerkiksi laservalaisu ja varoittamaan siitä vaunumiehistöä kertomalla valaisun suunta ja mahdollinen uhka. Mikään edellä mainituista ei yksin riitä esimerkiksi drooniuhkan selättämiseen, vaan ne ovat osa kokonaisuutta.

Parantuneen sensoripeiton avulla droonit on helpompi havaita, ja sensoreita voidaan käyttää maalinosoitukseen jakamalla tilannekuvaa esimerkiksi ilmatorjunnalle. Lisäksi niiden pudottamiseen voidaan käyttää mekanisoidun kaluston asejärjestelmiä tai tähän käyttöön suunniteltuja vastatoimia. Näistä voidaan mainita esimerkkinä laserin avulla tapahtuva droonien sensorien häikäiseminen tai varsinaisena hyötykuormana olevan taistelukärjen räjäyttämisen.

Tulevaisuuden näkymät

Trendinä lännessä on ollut jo pidemmän aikaa siirtyminen kohti autonomisia järjestelmiä. Näistä lähimpänä konkretiaa lienee taistelupanssarivaunun osittainen tai täysi miehittämättömyys. Tämän hetken ongelmana on se, että sensorimäärän tuottaman datan lisääntynyt analysointi ja hyödyntäminen pikemminkin vaatisi yhden operaattorin lisää. Todennäköisesti tekoälyn kehitys ja hyödyntäminen avaavat uusia mahdollisuuksia ja muuttavat panssaroidun kaluston käyttötapoja. Lisäämällä esimerkiksi laajennetun todellisuuden komponentteja tähtäin- ja johtamisjärjestelmiin voidaan maalien liikettä ennakoida ja niitä vastaan hyökätä ilman, että altistutaan itse vihollisen tulelle. Tekoälyn avulla voidaan valmistaa myös entistä monikäyttöisempiä ampumatarvikkeita.

Eurooppalaisen kehityksen hidasteena on se tosiasia, etteivät maat kykene luomaan yhtenäisiä ratkaisuja vaan jokainen ajaa omaa kansallista etuaan. Toisaalta Euroopan sekä muiden läntisten toimijoiden valttina on teknologinen ylivoima, jolla vihollinen voidaan haastaa niillä alueilla, joissa sen suorituskyky on heikoimmillaan.

Kirjoittaja:

Ilkka Ahokas toimii vanhempana tutkimusinsinöörinä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastolla ja johtaa Maavoimien suoja- ja läpäisy tutkimusta.

Suojanedistämisen tutkimus Maavoimissa

– Ryhmän asema -linnoitteiden kehitys



Kuva 1: T2Rk-linnoitustyömaa Haminassa elokuussa 2025. (Kuva: Pioneerisektori)

Suojanedistämisen tutkimus Maavoimissa käsittää sekä linnoitteiden että maastouttamisen tutkimuksen. Linnoittamisen tutkimuksessa keskitytään linnoitetyyppien kehittämiseen ja käytettävyyteen yhteistoiminnassa Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen kanssa.

Linnoitteet liittyvät olennaisesti Puolustusvoimien suojarakentamisen hankkeeseen. Tämä artikkeli käsittelee linnoitteiden kehittämistyötä, ja tarkastelun kohteena on vuosina 2024–2025 laadittujen T2Rk- ja T3Rkv-linnoitteiden kehittäminen.

Suojanedistämisen tutkimus Maavoimissa liittyy koko Puolustusvoimia kattavaan suojarakentamisen hankkeeseen, jossa toteutetaan sekä poikkeusoloissa tarvittavat suojaratkaisut että normaaliolojen arkipäiväiset turvallisuusratkaisut, kuten sotilasalueiden ja -kohteiden valvonta. Linnoitteiden osalta päätoimijana on Puolustusvoimien logistiikkalaitos ja tarkemmin Valmiusrakentamissektori.

Valmiusrakentamissektori ylläpitää poikkeusolojen vaatimia kumppanuus- ja puitesopimuksia, ja siviiliurakoitsijoita käytetään kenttäarmeijan linnoitetarpeen toteuttamiseen. Valmiusrakentamissektori myös toteuttaa normaalioloissa pioneerirykmenttien linnoittamistoimistojen tehtäviä silloin, kun poikkeusolojen kohteita rakennetaan normaalioloissa.

Linnoitteiden järjestelmävastuullinen taho on Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen Järjestelmäkeskus, joka tuottaa ja ylläpitää linnoitteiden rakennepiirustuksia sekä linnoitekuvastoa. Järjestelmäkeskus myös vastaa linnoitteiden käyttöön hyväksymisestä sekä linnoitteiden kehittämisestä, jota Maasotakoulun Maavoimien tutkimuskeskus ja Puolustusvoimien tutkimuslaitos tukevat.

Tehtäväkenttä voidaan karkeasti jakaa siten, että valmiusrakentamissektori vastaa rakennettavuuden tutkimuksesta, järjestelmäkeskus vastaa linnoitteen antamasta suojusta ja

maavoimien tutkimuskeskus vastaa linnoitteen käytettävyydestä. Käyttäjinä linnoitteilla ovat kaikki puolustusjärjestelmän osat, mukaan lukien RajavartiolaITOS. Osa linnoitteista käytetään myös kriittisen siviili-infrastruktuurin suojaamiseen, joten käyttäjäkiri on varsin suuri.

Ryhmän asemat eli lyhenteillä T2Rk ja T3rkv tunnetut linnoitteet muodostavat betoni- ja puuelementeistä rakennettavan kokonaisuuden, johon kuuluvat ryhmän kokoiselle joukolle taisteluasemat, majoitustilat sekä yhdyskäytävä, joka liittää elementit toisiinsa. Yhteen liitetty kokonaisuus mahdollistaa ryhmän toiminnan suojassa, jolloin taistelukentän uhkille ei ole tarvetta altistua. Ryhmän aseman on tarkoitus toimia ensimmäisenä rakennettuna vaiheena ryhmän pesäkkeestä, jossa yhdistyvät ryhmän varsinaiset asemat sekä suoja-asema.

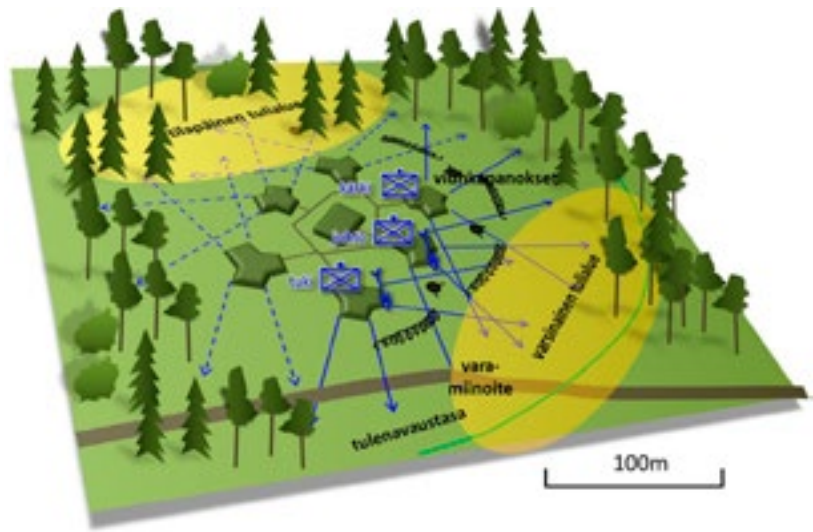
Linnoitetta täydennetään muilla linnoitteilla lisäämällä tuli-asemia vaihto- ja vara-asemien tarpeisiin sekä yleissuojia ajoneuvoille ja porrastusmateriaaleille. Eri linnoitteet yhdistetään toisiinsa taisteluhaidoilla, jotka ovat osittain katettuja.

Konseptointi – Suorituskyvyn yleiskuvauksen muodostaminen

Jotta työskentely linnoitteen suunnittelun kaikissa vaiheissa pysyy suoraviivaisena, on linnoitteelle laadittava käyttökonsepti. Käyttökonseptin sisältö luo edellytyksen työskennellä kaikissa suorituskyvyn rakentamisen työvaiheissa, ja se luo perustan, joka antaa vastauksen kysymykseen, mitä varten työtä tehdään. Käyttökonseptissa esitetään rakennettavan suorituskyvyn kuvaus, nykyinen suorituskyky ja sen rajoitteet, suorituskyvyn saavuttamiseen esitetty ratkaisu, suorituskyvyn käyttöympäristö, käyttötapaukset tai -skenaariot ja ratkaisun seurannaisvaikutukset.

Käyttökonsepti on elävä dokumentti, jota täydennetään suorituskyvyn rakentamisen etenemisen mukaan.

Tärkeimpinä tuotteina varsinaisessa linnoitteen kehitystyössä ovat käyttötapakuvaus. Koska linnoittamisjärjestelmän käyttäjäpooli on laaja ja siihen kuuluvat Puolustusvoimat kaikkine puolustushaaroineen ja RajavartiolaITOS, Ryhmän asema -projektia varten asetettiin projektityöryhmä, josta löytyi edustus kaikista puolustushaaroista ja RajavartiolaIToksesta sekä Logistiikkalaitoksesta. Työryhmä edusti siis



Kuva 2: Ryhmän pesäkkeen rakenne. (Kuva: Jääkärijoukkueen ja -ryhmän käsikirja 2025)

kaikkia linnoitteiden käyttäjiä, ja Logistiikkalaitoksen edustajat kertoivat, mikä on rakenteellisesti mahdollista ja mikä ei.

Käyttötapakuvaus laadittaessa on pyrittävä mahdollisimman epätarkkaan kuvaukseen toiminnasta, ettei käyttötapakuvaus ohjaa ratkaisua liikaa. Toisaalta taas kuvauksen on oltava riittävän tarkka vastaamaan siihen, mitä ratkaisulla on saatava aikaan tai mitä toimintaa ratkaisun on mahdollistettava.

Ryhmän aseman käyttökonseptissa käyttötapakuvausissa valittiin kuvaukset joukoista ja välineistä sekä niistä toimintoista, joita ryhmä linnoitteessa tulee toteuttamaan. Esimerkkinä voidaan käyttää perinteistä jääkäriyhmää, jonka kokoonpano on yhdeksän taistelijaa. Tärkeimpiin aseistuksiin kuuluvat konekiväärit ja singot ja tärkeimpään kalustoon tähtystys- ja viestivälineet. Tällaisella kalustolla ryhmä vartioi, huoltaa, lepää ja taistelee omissa pesäkkeessään osana jääkärijoukkuetta.

Kuvauksessa pyritään tuomaan esiin kaikki ryhmän toimenpiteet ja toimintoon liittyvät välineet. Siitä muodostuu kronologinen kuvaus, joka kattaa ryhmän ryhmittymisen linnoitteeseen, toiminnan harjoittelun, tukikohtapalveluksen pyörittämisen ja taistelun. Jokaisen toiminnon osa-alueen kohdalla tarkastellaan toimintaan kohdistuvia uhkia sekä tarpeen mukaisia yksityiskohtia, kuten vartiointin osalta kyky tähtystää ryhmän tulialuetta paljastamatta omaa sijaintia sekä tarvittaessa hälyttää loppu ryhmä suoja-asemasta hiljaisesti. Vastaavanlaiset kuvaukset tehdään kaikista linnoitteen suunnitelluista käyttötarkoituksista.

Taulukko 1: Suojatasomatriisi. (Kuva: Käännös STANAG 2280 – Maanpäällisen linnoittamisen käsikirja 2010)

UHKA-TASO	A Pienet ja keski-suuren kaliperin aseet	B Singot ja kivääriranaatit	C Raketin-, heittimen- ja tykistökranaattien sirpalevaikutus	D Pienet / henkilökuljetteiset improvisoidut räjähdepanokset (PBIED)	E Ajoneuvo- kuljetteiset improvisoidut räjähdepanokset (VBIED)
5	Automaattitykki 30 APDS3	Rakenteen vastainen ammus ASM ⁴	155 mm tykistö 122 mm raketti	Matkalaukku 20 kg TNT	Kuorma-auto >4 000 kg TNT
4	RSKK 12.7–14.5 AP ⁵	Panssariammus suunnattu räjähdysvaikutus	120 mm heitin 107 mm raketti	Vartalopommi 9 kg TNT + sirpaleet	Kevytkuorma-auto 4 000 kg TNT
3	RK / TARKKIV 7.62 AP WC ⁶	Henkilö Thermobaric ⁷ ammus <2,5 kg / perinteinen	82 mm heitin	Urheilukassi 9 kg TNT	Pakettiauto 1 500 kg TNT
2	RK 5.56–7.62 AP	40 mm Kivääriranaatti, suunnattu räjähdysvaikutus	60 mm heitin	Paketti 1,5 kg TNT	Henkilöauto 400 kg TNT
1	RK 5.56–7.62 Ball ⁸		Käsikranaatti	Kirje 0,125 kg TNT	Moottoripyörä 50 kg TNT

Vaativuushallinta – Toiminnallisuuksista tarkoituksellisiin vaatimuksiin

Käyttötapa-vaikutusten laadinnan perusteella voidaan aloittaa vaatimusten määrittely. Vaatimuksia voidaan lajitella vastuualueiden mukaan rakennettavuuden, suojan ja käytettävyyden vaatimuksiin.

Rakennettavuuden osalta vaatimuksia määrittelee Valmiusrakentamissektori, josta esimerkkinä voidaan käyttää vaatimusta, jossa ryhmän asema -linnoitteen on oltava rakennettavissa olemassa olevista rakennuselementeistä. Suojan osalta vaatimuksista vastaa Järjestelmäkeskus, ja suojan määrittäminen on helpoiten tulkittavissa STANAG 2280 -vaatimuksesta. STANAG 2280 määrittää suojarakenteille annettavat suojatasot erilaisten uhkien perusteella (Taulukko 1).

Käytettävyyden osalta vaatimuksista vastaa Maavoimien tutkimuskeskus. Käytettävyyden vaatimukset ovat luonteeltaan kyvykkyyksivaatimuksia, ja niitä johdetaan käyttötapauskuvuksista. Mikäli toiminto on kuvattu käyttötapauskuvauksessa, on sitä vastaavan vaatimuksen löydettävä vaatimushallinnasta. Vastaavasti käyttötapauskuvauksen toiminto voi johtaa useampaan vaatimukseen. Koska käyttötapauskuvaukset oli laadittu hyödyntäen asiantuntijatyöryhmää, laadittiin käytettävyyden vaatimukset käyttäen samaa työryhmää.

Työskentelyn ensimmäinen vaihe oli yhteisten kyvykkyyksien tunnistaminen kuvauksista. Esimerkiksi kaikissa käyttötapauskuvauksissa löytyi kuvaus taistelijasta, joka käyttää omaa henkilökohtaista asettaan tuliasemasta. Tällöin ”tuliasemasta on kyettävä käyttämään taistelijalle jaettava henkilökohtaista asetta” oli selkeä kyvykkyyksivaatimus. Vastaavalla tavalla tarkasteltiin kaikkia käyttötapauksia, ja kyvykkyyksivaatimuksiksi muodostuivat esimerkiksi tarve sähköistämisen valmisteluille, kuivakäymälälle ja ylimääräiselle lattiatilalle.

Kyvykkyyksivaatimuksia käytettiin järjestelmävaatimusten määrittelyyn. Käyttäen kyvykkyyksivaatimusta ”tuliasemasta on kyettävä käyttämään taistelijalle jaettava henkilökohtaista asetta” esimerkkinä työryhmänä määriteltiin, miten kyvykkyyksivaatimus saadaan toteutumaan.

Ensimmäisenä tarkasteltiin yleisiä tuliaseman vaatimuksia: laaja ampuma-ala, suoja tähytykseltä ja tulelta, hyvä tuki aseelle ja suoja siirtymäreitti. Toinen ja neljäs tuliaseman vaatimus täyttyy jo linnoitteen oman rakenteen myötä, joten tarkastelun kohteeksi jäivät laaja ampuma-ala ja hyvä tuki aseelle. Hyvä tuki aseelle vaatii vähintäänkin kolmipistetuen, jolloin saadaan muodostettua mitat asepyönteille ja asetuen etäisyys poteron reunasta. Lisäksi käytettävä optiikka vaikuttaa asemaan: tähtäyslinjan ja piippulinjan tulee mahtua ampuma-aukon mittoihin. Käyttökävykkyyksivaatimus oli



Kuva 3: T2Rk:n tuliaseaman pohja päällystettynä kevytpeitteellä. Aseistuksena asemassa PKM-konekivääri. (Kuva: Pioneerisektori)

myös tärkeää: Mikäli taistelijan pää osuu kattoon kypärän kanssa, vaikeutuu aseiden tehokas käsittely ja tähtääminen.

Rakentaminen – Vihreän veran ääreltä todellisuuteen maastossa

Käyttötapa-kuvausten ja vaatimusmäärittelyn rinnalla laaditaan rakennepiirrokset, joiden mukaan aikanaan tehdään varsinainen rakentaminen. Uusien linnoitetyyppien rakentamista harjoitellaan pääsääntöisesti Järjestelmäkeskuksen vuosittaisessa TESTI1-harjoituksessa. Vuoden 2025 TESTI1-harjoitus sijoittui Taipalsaaren ampumakenttäalueelle, jonne rakennettiin muiden rakenteiden lisäksi ensimmäiset T2Rk- ja T3Rkv-linnoitteet. Linnoitteista rakennettiin kokonaiset versiot sekä yksittäiset tuliaseamat, joiden suojaa testattaisiin erikseen.

Vaikka piirustukset olisivat erittäin hyvin laadittuja, tulee rakentamisvaiheessa aina eteen joitain pieniä yksityiskoh-
tia, jotka vaativat ratkaisuja. Esimerkiksi ensimmäistä tuli-
aseamaa asennettaessa havaittiin, että tuliaseaman katetta
asennettaessa ampujan ja luukun välinen maa-aines jää pal-
jaaksi. Suljetussa tunnelissa aseiden suupaine aiheuttaisi sen,
että hiekka pölyläisi tuliaseaman sisällä ja aiheuttaisi sekä
tähytystahaittaa että vaaraa taistelijalle. Nopeana ratkaisuna
käännettiin rakenteen päälle tulevasta, vesieristeeksi tarkoi-
tetusta kevytpeitteestä reunat, jotka kierrettiin koko betoni-

moduulin ympäri ja muodostivat näin hiekkapohjan päälle
peitteen.

Vastaavanlaisia pieniä käytännön ongelmia ratkottiin koko
rakennusharjoituksen ajan. Tärkeää oli jakaa eri työmailla
tehdyt havainnot myös muille työmailla, ettei samoja vir-
heitä toistettaisi tai etteivät tuliaseamien rakenteet poikkeaisi
toisistaan. Lopputuloksena kuitenkin oli toimiva kokonai-
suus, jonka toiset iteraatiot toteutettiin jo kolme kuukautta
myöhemmin Haminassa osana BETONI25-harjoitusta.

Testaaminen – Kestävyyttä ja käytettävyyttä

Kun TESTI1 toimii pääosin rakentamisen harjoituksena,
toteutetaan linnoitteiden testausta TESTI2-harjoitukses-
sa. Yksittäisiä testauksia toteutetaan myös TESTI1-har-
joituksessa, mutta ne ovat yleensä pienessä mittakaavassa
toteutettavia yksittäisiä kokeita tai räjäytyksiä. TESTI2-har-
joitukseen osallistuu Valmiusrakentamissektorin ja Järjestel-
mäkeskuksen lisäksi Puolustusvoimien tutkimuslaitos, joka
toteuttaa haastavimmat räjäytykset ja mittaukset yhteistyös-
sä Räjähdekeskuksen asiantuntijoiden kanssa.

Tärkeimpinä tutkimuskohteina testeissä ovat rakennettujen
elementtien STANAG 2280:n mukaisten suojan suoritusky-
kyjen todentaminen. Koska T2Rk- ja T3Rkv-linnoitteet
koostuvat elementeistä ja rakenteista, joita on aiemmin jo

käytetty ja testattu, painottui testaaminen uudella tavalla rakennettuihin linnoitteen osiin. Tärkeimpänä kohteena olivat katetut taisteluasemat, joiden kestävyyttä testattiin räjäyttämällä kranaatinheittimen ja tykistön sirpalekranaatteja eri etäisyyksiltä tuliasemassa. Lisäksi testattiin termobaarisen räjähdysvaikutuksia laajassa suljetussa tilassa.

Suojan suorituskyvyn mittaaminen ja todentaminen on suoraviivaista toimintaa: Mikäli kohderakenne tai rakenteen suojaama kohde kestää räjähdysvaurioita, voidaan suojan suorituskyky määrittää todennetuksi. Käytettävyyden osalta todentaminen on luonteeltaan laadullisempaa, kun arvioitavana kohteena on taistelija tai ryhmä, joka toimii linnoitteesta. Yksittäisen taistelijan osalta voidaan TESTI-harjoitusten yhteydessä käyttää kokeiluun harjoituksessa toimivaa tutkijahenkilöstöä, jolloin kyetään saamaan havaintoja linnoitteen peruskäytettävyydestä. Kuitenkin varsinaiseen todentamiseen vaaditaan toimiva joukko, joka toteuttaa esimerkiksi käyttötapakuvauksen mukaisia toimenpiteitä linnoitteessa.

Linnoitteet osana isoa kokonaisuutta

Vaikka tutkimustehtävänä suojanedistämällä on tukea järjestelmäkeskuksen toimenpiteitä linnoitteiden käyttöön hy-

väksyntää varten, on tutkimuksen tavoitteena saattaa taisteleville joukoille mahdollisimman toimivia suojan ratkaisuja. Näin joukot kykenevät toteuttamaan tehtävänsä taistelukentällä jatkuvan vihollisen tiedustelu- ja vaikuttamisuhkan alla. Ryhmän asema -linnoitteet muodostavat merkittävän muutoksen jalkaväen linnoitteissa, kun ryhmä pyritään pitämään jatkuvasti suojan alaisena.

Tätä tarvetta tukevat Ukrainan sodan kokemukset: mitä syvemmälle menet, sitä paremmin selviät.

Suljettavat, toimintavalmiit linnoitekokonaisuudet mahdollistavat myös tulevaisuudessa valmiusrakentamisen operatiivisten joukkojen tarpeisiin sotilasalueiden ulkopuolelle. Tällöin rakentamisen jälkeen linnoite voidaan turvallisesti jättää maastoon käyttöön otettavaksi.

Linnoittamisen taitoa on ylläpidetty Suomessa koko itsenäisyyden historian ajan, ja tästä maailmanlaajuisena esimerkkinä on Euroopan suurin linnoitekokonaisuus Salpa-linja, joka on säilynyt miltei toimintakykyisenä kohta yli 80 vuotta. Valmiusrakentamiseen on myös herätty muualla Euroopassa. Esimerkiksi Puola on toteuttanut East Shield -projektin, jonka tarkoituksena on muodostaa valmiiksi muokattu taistelutila Puolan ja Venäjän väliselle rajalle.

Kirjoittaja:

Kapteeni Sami Säilynkangas toimii suojanedistämisen tutkijana Maavoimien tutkimuskeskuksen Tutkimus- ja kehittämisosaston Pioneerisektorilla.

Puolustusvoimien tutkimuslaitos tukee alueraivaamista



Kuva 2. Tutkittavaksi toimitetut ampumatarvikkeet. (Kuva: PVTUTKL)

Puolustusvoimat suorittaa maanlaajuisesti sotilasräjähteiden raivaamistehtäviä toimintasuunnitelmansa mukaisesti. Suunniteltujen alueraivaamiskohteiden lisäksi Puolustusvoimat toteuttaa vuosittain useita satoja päivystysluonteista virka-apuraivaamistehtäviä, jotka koskevat pääosin yksittäisiä räjähteitä.

Puolustusvoimien tutkimuslaitos (PVTUTKL) tukee Maavoimien räjähderaivaajia monin eri menetelmin, esimerkiksi:

- räjähteiden tunnistamisessa
- räjähdysaineiden analysoinnissa
- löytöräjähteiden vaarallisuuden arvioinnissa
- uusien raivaamismenetelmien suorituskyvyn arvioinnissa.

Tässä artikkelissa esitellään muutaman löytöräjähteisiin liittyvän tutkimuksen suorittaminen ja tulokset. Lisäksi esitellään PVTUTKL:lle hankitun, tutkimusta ja raivaamista

tukevan vesileikkurin käyttöä räjähteiden halkaisemisessa ja raivaamisessa.

Sotilasräjähteiden raivaaminen

Suomen maaperästä ja vesistöistä löytyy vuosittain satoja eri aikakausilta peräisin olevia sotilasräjähteitä ja -ampumatarvikkeita. Suurin osa näistä löytöräjähteistä on toisen maailmansodan ajalta, mutta myös sisällissodan aikaisia räjähteitä löytyy ajoittain. Lisäksi Puolustusvoimien oman toiminnan vuoksi räjähtämättömiä ampumatarvikkeita ja sotilasräjähteitä on päätyneet maastoon ja vesistöihin toisen maailmansodan jälkeisenä aikana.

Sotilasräjähteiden hävittäminen upottamalla ne vesistöihin ja soihin tai hautaamalla maahan oli Puolustusvoimien yleinen toimintatapa vielä vuosikymmeniä toisen maailmansodan jälkeen. Sittemmin näin tapahtuvaan räjähteiden hävittämiseen liittyviin riskeihin on havahduttu ja hävittäminen

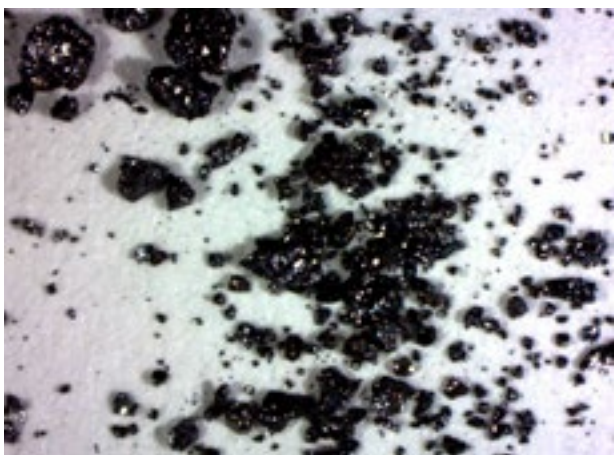
tällä tavalla on lopetettu. Vuosikymmeniä jatkuneen hautaamalla ja upottamalla tapahtuvan hävittämistoiminnan tuloksena on Suomessa tiettyjä alueita, missä Puolustusvoimien räjähderaivaajat joutuvat raivaamaan Puolustusvoimien omia räjähteitä ja ampumatarvikkeita.

Puolustusvoimat suorittaa suunnitelmallista raivaamista alueilla, joilta on jo löydetty räjähteitä tai alueella on virallisten tietojen tai perimätiedon mukaan sotilasaräjähteitä. Tätä suunnitelmallista raivaamista kutsutaan alueraivaamiseksi.

Kaikki Suomen valtion maa- ja merialueilta löytyvät sotilasaräjähteet ja -ampumatarvikkeet ovat Puolustusvoimien omaisuutta, oli ne valmistettu missä maassa tahansa tai toimitettu Suomen valtion alueelle minkä tahansa valtion tai tahon toimesta.

Sotilasaräjähteiden raivaaminen on Puolustusvoimien lakisääteinen tehtävä ja osa viranomaisyhteistyötä. Maavoimat (MAAV) vastaa maa-alueiden ja sisävesien raivaamisesta, kun taas Merivoimien (MERIV) vastuulle kuuluvat meri- ja saaristoalueet. Siviiliräjähteiden raivaaminen ei kuulu Puolustusvoimien lakisääteisiin tehtäviin vaan poliisille.

PVTUTKL räjähd- ja suojelutekniikkaosastolla on laaja asiantuntemus erilaisista sotilasaräjähteistä. Tätä asiantuntemusta hyödynnetään alueraivaamisen turvallisuuden ylläpitämisessä ja oikeiden raivausmenettelyjen valinnassa. PVTUTKL tukee MAAV:n virka-apu- ja alueraivaamistehtäviä laatimalla alueraivaamistehtävien turvallisuusselvityksiä ja tarjoamalla asiantuntijatukea räjähdeseioissa. PVTUTKL tukee MAAV:ia myös raivaamisen työmenetelmien ja välineiden kehittämisessä. PVTUTKL ei kuitenkaan suorita räjähteiden raivaamista, mutta voi osallistua raivaamistilanteisiin asiantuntijana.



Kuva 1. Kuivatusta näytteestä ~10-kertaisella suurennoksella otettu mikroskooppikuva. (Kuva: PVTUTKL)

Seuraavaksi esitellään kolme tutkimustapausta PVTUTKL:n räjähd- ja suojelutekniikkaosaston antamasta asiantuntija-avusta.

Tutkimus 1: Mitä tämä tumma aine on?

Puolustusvoimien varastoalueen räjähdekartoituksen yhteydessä maaperästä löydettiin noin 50 litran tynnyri, joka oli täynnä epämääräistä tummaa ainetta. Tynnyriä eikä sen sisältöä pystytty kartoituksen yhteydessä tunnistamaan. Kartoitusta suorittanut joukko-osasto otti yhteyttä PVTUTKL:een tynnyrissä olevan aineen koostumuksen selvittämiseksi. Koostumus tuli selvittää, jotta joukko-osasto voi suunnitella tynnyrissä olevan aineen oikean ja turvallisen jatkokäsittelyn (jatkokäsittely räjähdysaineena, ongelmajätteenä tai muilla tavoin).

Joukko-osasto toimitti tynnyrissä olevasta aineesta näytteen PVTUTKL:lle (Kuva 1), jossa aineen koostumusta alkoivat selvittämään CBRN-tutkimusalan osaavat laboratorioammatilaiset. Toimitettu näyte oli tummanharmaata hieman liejumaista ainetta, joka sisälsi myös kiinteitä partikkeleita.

Lyhenteet	
CBRN	<i>Chemical, Biological, Radioactive, Nuclear</i> Kemiallinen, biologinen, radioaktiivinen, ydin-
FTIR-spektri	<i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy</i> Analyysimenetelmä, jolla tutkitaan aineiden molekyyliarakenteita infrapunasäteilyn avulla.
SEM/EDS-analyysi	<i>Scanning electron microscope, Energy-dispersive X-ray spectroscopy</i> Yhdistämällä pyyhkäisyelektronimikroskopia (SEM) ja energiadiispersiivinen röntgenspektroskopia (EDS) saadaan tarkka tieto näytteen mikroskooppisista pintarakenteista ja sen alkuainekoostumuksesta.
UHPLC-laitteisto	<i>Ultra-High-Performance Liquid Chromatography</i> Erittäin korkean suorituskyvyn kromatografialaitteisto.
GC-MS-analyysi	<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> Kaasukromatografia-massaspektrometria on tehokas menetelmä yhdisteiden tunnistamiseen ja määrittämiseen monimutkaisista seoksista.
TATP	Triasetoni triperoksidi

Näytteelle suoritettiin useita analyysejä. FTIR-spektrin perusteella näytteen kosteuden todettiin olevan vettä. Näyte kuivattiin, jolloin sen pinta muuttui metallinhoitoiseksi. SEM/EDS-analyysin perusteella näytteen koostumus selvitettiin alkuainetasolla. Eri menetelmien antamien tulosten perusteella todettiin näytteen pääasiassa sisältävän vettä, piitä ja rautaa. Lisäksi löydettiin jälkiä muista metalleista. Raman-spektroskopiolla tehtiin analyysi pinnan metallinhoitoisuudesta, ja syyksi selvisi piin metallimainen kiilto. Tutkimusten perusteella näytteen ei todettu sisältävän räjähdysaineita eikä myrkyllisiä komponentteja.

Tulosten avulla joukko-osasto pystyi turvallisesti ja säästösten mukaisesti hävittämään tynnyrin sisältöineen. Siitä, mihin tynnyrin sisältöä on aikoinaan käytetty, ei voida varmaksi todeta, mutta kyseistä ainetta on todennäköisesti käytetty erilaisten rautaseosten tai teräksen valmistamisen yhteydessä.

Tutkimus 2: Mikä ammus tämä on ja onko se vaarallinen?

Puolustusvoimien joukko-osasto oli suorittamassa virka-aputehtävää Satakunnassa erällä sisällissodan taistelualueella, kun raivaajasukeltajat löysivät joesta useita sotilasräjähteitä ja ampumatarvikkeita. Eräs ampumatarvike oli heille entuudestaan tuntematon, ja raivaamistoiminnan turvallisuuden takia oli ampumatarvike ensin tunnistettava, jotta räjähdöraivaamista voitiin jatkaa. Joukko-osasto toimitti PVTUTKL:lle energeettisten teknologioiden tutkimuslalle (ETEKN) kyseisiä ampumatarvikkeita tunnistamista ja vaarallisuudenarviointia varten (Kuva 2).

Ulkomuodon ja mittojen perusteella ampumatarvikkeet tunnistettiin 75 mm:n tykin ammuksiksi. Ammuksen hylsyn pohjassa olevien merkintöjen perusteella valmistusvuodeksi oli merkitty vuodet 1909–1915 ammuksista riippuen, ja valmistusmaaksi todettiin Venäjän keisarikunta. Ammukset olivat pohjamerkintöjen perusteella tarkoitettu laivaston käyttöön. Ammukset tunnistettiin kirjallisten lähteiden ja tiedonhaun perusteella venäläisen 75 mm:n Canet-laivatykin ammuksiksi. Koska kyseessä olivat tsaarinaikaiset ampumatarvikkeet, tunnistamisessa tukeuduttiin PVTUTKL:n omien lähteiden lisäksi myös Rannikkotykimuseon ja Sotamuseon kirjallisiin lähteisiin.

Ammuksen vaarallisuudenarviointia varten oli tunnistettava ammuksen kranaatin vaikutustapa ja selvitettävä sytyttimien toimintakunto. Tämän vuoksi ammukset oli läpivalaistava.

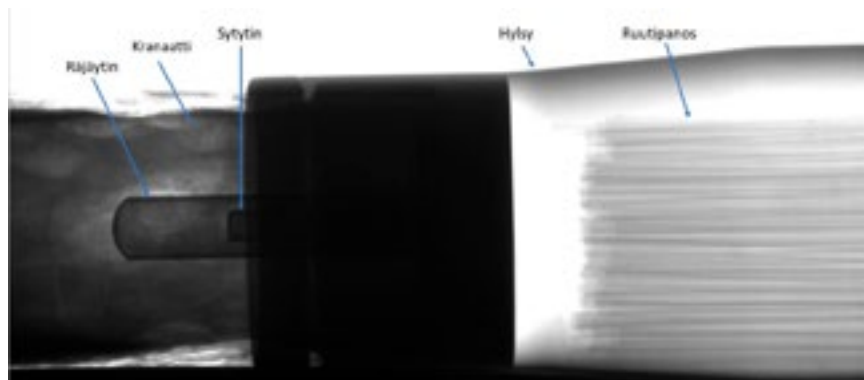
Läpivalaisu suoritettiin PVTUTKL:n röntgenlaitteistolla, jolla saatiin ammuksista läpivalaisukuvia ja -videoita. Niiden avulla pystyttiin tutkimaan ammusten rakennetta.

Läpivalaisukuvien (kuva 3) perusteella ammuksen todettiin koostuvan hylsystä, ruutipanoksesta, ruutipanoksen sytyttimestä, kranaatista sekä kranaatin sytyttimestä ja räjäyttimestä. Läpivalaisukuvista havaittiin, että hylsyn pohjassa oleva ruutipanoksen sytytin (ei näy kuvassa 3) on ehjän näköinen ja mahdollisesti toimintakuntoinen. Myöskään kranaatin pohjassa oleva sytytin ja räjäytin eivät olleet kärsineet korroosiosta ja olivat hyvin todennäköisesti toimintakuntoisia. Kärkisytytintä kranaatissa ei ollut. Ammuksia käsiteltäessä huomattiin, että ruutipanoksena toimiva ruutisauvanippu pääsi liikkumaan hylsyn sisällä, mistä aiheutui lisävaaraa.

Kranaatin mittojen, painon, rakenteen ja merkintöjen avulla kranaatti saatiin tunnistettua vaikutustavaltaan 75/50 Canet-laivatykin sirpaleammukseksi (HE mod 1907). Kirjallisuuslähteiden perusteella ammuksessa oli noin 1,5 kg ruutia ajoaineena ja kranaatissa noin 520 g TNT:tä räjähdysaineena. Räjähdysaineen ja ruudin toimintakunnosta ei ollut tarkkaa tietoa, mutta niiden arvioitiin olevan toimintakuntoisia.

Ammukset arvioitiin kaiken kerätyn tiedon perusteella räjähdysvaarallisiksi, vaikka ne eivät ampumatarvikkeina enää täyttäisikään tarkoitustaan. Turvallisuutta lisääväksi ohjeeksi annettiin, että joesta nostetut ammukset tulisi kuljettaa kosteassa siten, etteivät ammusten räjähdysaineet ja ruuti pääsisivät kuivumaan ja herkistymään, ja säilöä niitä vedessä hävitykseen asti.

Raivaajat totesivat ammusten hävityksen yhteydessä, että kranaattien sisältämä räjähdysaine ja ruuti olivat toimintakuntoisia. Vaikka ampumatarvikkeet olivat olleet yli sata vuotta veden alla, oli suurimmassa osassa ammuksista ruuti edelleen kuivaa...



Kuva 3. Ammuksen läpivalaisukuva. (Kuva: PVTUTKL)



Kuva 4. Tutkittavaksi toimitettu 40 mm:n ilmatorjunta-ammus. (Kuva: PVTUTKL)



Kuva 5. Läpivalaisukuva 40 mm:n IF-ammuksesta. Epäilyttävä kohta merkitty punaisella neliöllä. (Kuva: PVTUTKL)

Tutkimus 3: Sisältääkö tämä ampumatarvike vaarallisia aineita?

Puolustusvoimien joukko-osaston tukiessa virka-aputehtävänä erästä poliisin tutkimusta PVTUTKL:lle räjähddevaiikutukset-tutkimusalalle (RVA) toimitettiin tutkittavaksi ampumatarvike. Tehtävänä oli selvittää, sisältikö ammus räjähdysvaarallista ja/tai palavaa materiaalia. Joukko-osasto tunnisti löytöräjähteeksi luokitellun tuotteen Boforsin 40 mm:n ilmatorjunta-ammukseksi. Ammus oli valmistettu vuonna 1942, ja sen sytytys perustuu isku- ja aikasytetykseen.

Ammuksen vaarallisuuden arviointia varten oli selvitettävä, sisältikö ammus energettisiä massoja ja oliko isku- tai aikasytystoiminto toimintakuntoinen. Tätä varten oli ammus ensin läpivalaistava.

Tuotteen läpivalaisussa havaittiin, että tuotteen räjähdysainetila oli tyhjä ja ammuksen pohjassa oleva valokuovamassa ja iskusytyttimen räjäytin oli poistettu. Ammuksen keskivaiheilla havaittiin tumma alue, jonka epäiltiin olevan aikasytytyksessä käytettävää pyromassaa (ks. Kuva 5). Ammuksen iskusytyttimen nallin katsottiin olevan tyhjä räjähdysaineista ja tämä varmistettiin myöhemmin.

Koska läpivalaisun avulla ei päästy varmuuteen siitä, että tuote olisi vaaraton, päätettiin tuote avata sahaamalla. Läpivalaisun avulla määritettiin alue, josta tuote voitaisiin turvallisesti sahata auki etäohjattavalla metallivannesahalla. Avatun tuotteen sisällä havaittiin olevan pyromassan kaltaista harmaata massaa puristettuna kiinteäksi pelletiksi juurikin läpivalaisun ilmaiseimassa paikassa. Harmaasta massasta otettiin näyte massan tunnistamista varten käyttämällä etäohjattavaa sorvia. Ammuksen avaamisesta ja näytteenotosta vastasi RVA:n erittäin pätevä tutkimusinsinööri.



Kuva 6. 155 mm:n tykistökranaatin kuori vesileikkavana. (Kuva: PVTUTKL)

Analysointia varten näyte toimitettiin ETEKN- ja CBRN-tutkimusalojen laboratorioammattilaisille. Näyte analysoitiin ensin UHPLC-laitteistolla, jonka avulla todettiin, ettei näyte ole räjähdysainetta. Seuraavaksi näyte pyrittiin tunnistamaan SEM/EDS-analyysin sekä FTIR- ja GC-MS-analyysin avulla. Analyseista selvisi, että harmaa massa koostui pääosin magnesiumin ja strontiumnitraatin seoksesta eli punaisesta pyromassasta.

Tutkimuksen lopputuloksena todettiin, ettei ammuksen sisältä löydetty räjähdysaineita eikä ammuksen iskusytyttimen todettu olevan toimintakuntoinen tai vaarallinen. Ammuksen sisältä löytynyt harmaa massa tunnistettiin magnesiumista ja strontiumnitraatista koostuvaksi pyromassaksi, jota on todennäköisesti käytetty ammuksen valokuovamassana ja aikasytyttimen osana. Koska ammus sisälsi energettisiä materiaaleja, ammus luokiteltiin vaaralliseksi.

Poikkileikkaavaa tutkimusta vesileikkurilla

Puolustusvoimien tutkimuslaitokselle hankittiin vuonna 2022 liikuteltava räjähteiden vesileikkausjärjestelmä. Vesileikkuri tukee tutkimuslaitoksen räjähteiden ja ampumatarvikkeiden purkutyötä. Tutkimuslaitoksen lisäksi vesileikkuria voivat käyttää Puolustusvoimien räjähderaivaajat raivaamistöissään.

Vesileikkurin toiminta perustuu sen tuottamaan 700 bäärin paineella suuttimesta ulos tulevaan vesi-hiekkaseoksen kapeaan leikkaavaan vesisuihkuun. Vesisuihku aiheuttaa kohteessa nopeaa pinnan hioutumista eli eroosiota eikä rätien kuumenna leikattavaa kohdetta. Samalla vesisuihku huuhtelee irrottamansa materiaalin pois. Vesileikkurilla kytetään leikkaamaan jopa 12 cm:n paksuista terästä ja sitäkin paksampia pehmeämpiä aineita sekä turvallisesti myös räjähdysaineita.



Kuva 7. VA-sähkönälli vesileikkattuna. (Kuva: PVTUTKL)

PVTUTKL:n hankkimaa vesileikkausjärjestelmää voidaan kuljettaa sen omalla trailerilla, ja se voidaan siirtää operointitehtäviin eri puolille Suomea. Näin vesileikkurin käyttöpaikka ei rajoitu ainoastaan Lakialan toimipisteeseen, vaan sitä voidaan käyttää räjähteiden raivaamiseen räjähteiden löytöpaikalla, olipa se sitten keskellä metsää tai asutuskeskuksessa turvallisuusrajoitukset huomioiden.

Turvallisuutta ja monikäyttöisyyttä lisää se, että laitetta voidaan operoida jopa 500 metrin etäisyydellä leikattavasta kohteesta. Myöskin vedenalainen leikkaus on vesileikkurilla mahdollista, tosin vesisuihkun läpäisevyys kohteessa heikenee merkittävästi. Talviolosuhteissa vesileikkurin veden sekaan voidaan lisätä propyleeniglykolia, mikä estää veden jäätyämisen.

PVTUTKL käyttää vesileikkuria pääasiassa räjähteiden ja muiden sotamateriaalien turvalliseen purkamiseen ja avaamiseen energettisten materiaalien näytteenottoa varten.



Kuva 8. Ontelokranaatti vesileikkattuna. (Kuva: PVTUTKL)

Vesileikkurilla on jo leikattu muun muassa miinoja, räjäytysnaljeja ja erilaisia kranaatteja. Tämä mahdollisuus leikata auki erilaisia herkästi syttyviä aloiteräjähdysaineita sisältäviä tuotteita, esimerkiksi räjäytysnaljeja ja sytyttimiä, lisää tutkimuslaitoksen räjähddealan kyvykkyyksiä entisestään. Vesileikkurin toimittajan mukaan myös herkästi syttyvää TATP-nimellä tunnettua kotitekoista räjähdysainetta ja sitä sisältäviä tuotteita pystytään leikkaamaan vesileikkurilla, tosin PVTUTKL ei ole kokeillut tätä toistaiseksi.

Puolustusvoimien räjähderaivaajat voivat käyttää vesileikkuria löytöräjähteiden sytyttimien irrottamiseen ampumatarvikkeista. Sytyttimen irrottaminen ampumatarvikkeesta lisää merkittävästi käsittelyturvallisuutta, sillä sytytintä ja yleensä epäherkkää räjähdysainetta sisältävää taistelulatausta voidaan käsitellä ja kuljettaa erillään. Sytytin voidaan myös tehdä toimimattomaksi vesileikkaamalla, mutta tällöin on oltava ymmärrys sytyttimen toimintamekanismista, jottei leikkaamalla aiheuteta sytyttimen mekaanisten osien aktivoitumista ja vaurioiteta sytyttimen turvamekanismeja.

Kirjoittaja:

Diplomi-insinööri Teijo Turpeinen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosastolla räjähddevaikutusten tutkimusalalla.

Ohjussodankäynti ja ohjuspuolustus

– havaintoja Lähi-idästä



Ohjutorjuntaa operaatio Breaking Dawnissa elokuussa 2022. (Kuva: IDF Spokesperson's Unit/Wikimedia Commons)

Israelin ja terroristijärjestö Hamasin välinen sota päättyi tulitaukoon lokakuussa 2025 kahden vuoden ja kolmen päivän sotimisen jälkeen. Aseet vaikenivat myös muilla sotanäyttämöillä Länsirannalla, Syyriassa, Libanonissa, Irakissa, Iranissa ja Jemenissä.

Sodan päätyttyä on aika analysoida sodan oppeja. Tässä artikkelissa keskitytään keskeisissä rooleissa olleisiin ohjussodankäyntiin ja ohjuspuolustukseen.

Iranin iskuissa Israelia vastaan pääosassa oli ohjussodankäynti keskimatkan ballistisilla ohjuksilla. Mailla ei ole yhteistä rajaa ja niiden välinen etäisyys on noin 1 500 kilometriä, joten kaukovaikutteisten aseiden käyttö puolin ja toisin jäi ainoaksi vaihtoehdoksi.

Iranin ensimmäiset ohjus- ja drooni-iskut 13.–14. huhtikuuta 2024

Iran liittyi mukaan Israelin vastaiseen sotaan huhtikuun alussa 2024. Syyinä oli Israelin isku Damaskokseen Iranin

suurlähetystön lisärakennukseen, jossa seitsemän Iranin valtakumouskaarti IRGC:n upseeria kuoli. Iranin kosto tuli massiivisena ohjus- ja droonihyökkäyksenä.

Iran ja sen huthi-liittolaiset Jemenissä, šiiä-militiat Irakissa sekä Hizbollah Libanonissa liittyivät ilmaiskuun, ja Israelia vastaan laukaistiin yhteensä 110 ballistista ohjusta, 36 risteilyohjusta sekä 185 droonia. Ballistiset ohjukset olivat tyypiltään kiinteää polttoainetta käyttävät Kheibar Shekan ja Ghadr-110 sekä nestemäistä polttoainetta käyttävät Shahaab 3B sekä Emad. Hyökkäyksessä käytetyt risteilyohjukset olivat malliltaan Paveh-ohjuksia ja droonit tyyppiä Shahed-131 ja Shahed-13.

Iranin taktiikkana oli drooni- ja ohjussalvon avulla saturoida Israelin ilmapuolustus. Droonien laukaisu oli ajoitettu niin, että ne hitaammalla nopeudella lentäen (lentoaika Israelin ilmatilaan 6–8 tuntia) saavuttaisivat Israelin ilmapuolustuksen ensimmäisinä, minkä jälkeen toisessa aallossa laukaistut ballistiset ohjukset onnistuisivat läpäisemään ilmapuolustuksen.

Taulukko. Iranin keskipitkän kantaman ballististen ohjusten tekniset tiedot.

Nimi	Kantama	TST kärki	PA	CEP	Huom.
Shahab-3	2 000 km	1 200 kg tai MIRV	nestemäinen	2500 m	tunteja
Emad	1 700 km	750 kg MIRV	nestemäinen	50 m	Laukaisun valmisteluaika n. 30 min.
Kheibar Shekan	1 450 km	500 kg MARV	Kiinteä, 1-vaiheinen	20 m	
Ghadr-110	2 000 km	650 kg	2-vaiheinen: 1. Nestemäinen 2. Kiinteä	100 m	30 min.
Fattah-1	1 400 km	350–450 kg MARV tai ydinkärki	Kiinteä, 2-vaiheinen	10–25 m	Hypersooninen, 13–15 Mach
Fattah-2	1 400 km	500 kg HGV	2-vaiheinen: 1. Kiinteä 2. Neste (hydratsiini N ₂ H ₄)	10–25 m	1.operatiivinen käyttö 1.10.2024

Israelin ohjuspuolustus onnistui iskun torjunnassa täydellisesti, sillä 97 prosenttia ohjuksista torjuttiin monikerroksisen ohjuspuolustuksen (Arrow 2/3, Daavidin linko, Iron Dome) voimin. Ainoastaan yhdeksän ohjusta läpäisi ilmapuolustuksen ja aiheutti lieviä vahinkoja Nevatimin ja Ramonin lentotukikohdissa ja Golanin kukkuloilla Mount Hermonin tiedustelukeskuksesta.

Osasyynä korkeaan torjuntaprosenttiin oli se, että Iran antoi etukäteisvaroituksen iskustaan Yhdysvalloille ja Saudi-Arabialle jo 72 tuntia etukäteen siinä uskossa, että nämä tietäisivät iskun olevan suunnattu vain Israelia vastaan ja pysyttelisivät poissa tieltä. Etukäteisvaroitusta toimitettiin toisin kuin Iran oli sen ajatellut. Israelia ei jätetty yksin, vaan Yhdysvallat, Iso-Britannia, Ranska ja Jordania lähettivät omat hävittäjänsä Israelin avuksi. Lisäksi Saudi-Arabia ja Yhdistyneet Arabiemiraatit aktivoivat ohjustentorjuntajärjestelmänsä, jolloin ohjuslaukauksista saatiin välittömästi tieto ja reagointiaikaa jäi noin 15 minuuttia. Ensimmäiset ohjukset ammuttiin alas jo Punaisella merellä, ja siitä vastasivat amerikkalaiset Arleigh Burke -luokan ohjusfregatit.

Israelin kostoisku tapahtui viikon viiveellä. Se iski hävittäjistä laukaistavien ohjuksin Isfahanin lentotukikohtaan tuhoten S-300-ilmatorjuntaohjusjärjestelmän tutkan.

Lokakuun 2024 ohjusisku

Iranin seuraavaa hyökkäystä oli odotettu jo pidemmän aikaa tilanteen kiristyessä. Israel oli heinäkuussa surmannut Hamasin poliittisen siiven johtajan Ismail Haniyehin tämän ollessa vierailulla Teheranissa, ja syyskuussa Mossad onnistui laajamittaisella hakulaiteiskulla tappamaan 42 ja haavoittamaan noin 3 500:aa terroristijärjestö Hizbollahin jäsentä.

Eskalaation viimeinen pisara oli Hizbollahin pääsihteerin Hassan Nasrallahin surmaaminen ilmaiskussa 27. syyskuuta Dahiehin esikaupungissa Beirutin eteläosassa. Tällä kertaa Iran ei varoittanut etukäteen, vaan laukaisi kahdessa aallossa noin 180 ballistista ohjusta kohti Israelia. Iskussa käytettiin Kheibar Shekan ohjuksia sekä ensimmäistä kertaa myös Fattah-2 HGV-ohjusta (*hypersonic glide vehicle*). Ohjuksen liitokärki tekee siitä vaikeammin torjuttavan, sillä sen lentorata ei noudata säännönmukaista ballistisen ohjuksen lentorataa.

Iskun kohteina olivat Nevatimin ja Tel Nofin lentotukikohdat sekä Mossadin päämaja Tel Avivissa. Noin 30 ohjusta osui kohteisiinsa aiheuttaen kahden ihmisen kuoleman, kahden haavoittumisen sekä mittavia materiaalivahinkoja Mossadin päämajan lähellä sijaitseville siviiliasumuksille.

Israelin vastaisku tapahtui aamuyöllä 26. lokakuuta. Noin sata hävittäjää iski kolmessa eri aallossa Iranin ohjustuotantolaitoksia ja tukikohtia vastaan. Israel onnistui tuhoamaan kaikki kolme jäljellä ollutta S-300-ilmatorjuntaohjusjärjestelmää jättäen ison aukon Iranin korkeatorjuntakykyyn. Iskuissa käytettiin hävittäjistä laukaistavia lyhyen kantaman ballistisia Air Lora- ja Sparrow-ohjuksia, joiden kantama on 800–1 000 kilometriä.

12 päivän sota Iranin ja Israelin välillä

13.–24. kesäkuuta 2025 käytiin Israelin ja Iranin välisen konfliktin kolmas kierros. Se alkoi yllätyshyökkäyksenä Iranin ydinvoimaloita ja ydintuotantolaitoksia sekä sotilaskohteita ja maan sotilasjohtoa vastaan. Pääministeri Netanjahun julkilausuttuna tavoitteena oli estää Irania kehittämästä ydinase sekä tuhota Iranin kyky ohjushyökkäyksiin.

Samanaikaisesti ilmaiskujen kanssa Israel teki droneilla täsmäiskuja tappaen kymmeniä kenraaleja ja 17 ydinohjelmaan liitettyä tutkijaa. Israel kykeni tuhoamaan noin puolet ballististen ohjusten laukaisualustoista ja suuren määrän itse ohjusarsenaalia. Iran vastasi hyökkäyksiin päivittäisillä ohjus- ja drooni-iskuilla ylläpitäen noin sadan ohjuksen päivittäistä volyymia. Se laukaisi konfliktin aikana yhteensä 550 ballistista ohjusta ja yli tuhat droonia Israelia vastaan.

Ensimmäistä kertaa myös siviilikohteet olivat maaleina puolin ja toisin. Noin 30 israelilaista siviiliä kuoli iskuissa ja yli 3 200 loukkaantui. Iranilaisia kuoli reilu tuhat ja 5 800 loukkaantui.

Yhdysvaltojen Midnight Hammer -operaatio

Yhdysvallat liittyi mukaan 12 päivän sotaan Israelin puolella, kun sen strategiset B2-pommikoneet iskivät 22. kesäkuuta Fordow'n ja Natanzin uraanirikastamoihin sekä Isfahanin uraanimetallin tuotantolinjoihin. Iskuja perusteltiin sillä, että tiedustelutietojen mukaan Iranilla oli maanalaisissa tuotantolaitoksissaan 60-prosenttiseksi väkevöitettyä uraania, josta parissa viikossa se kykenisi etenemään ydinasekelvokseen 90-prosenttiseksi väkevöitettyyn uraaniin. Fordow'n ja Natanzin maanalaisia tuotantolaitoksia vastaan pudotettiin 14 GBU-57-bunkkeripommia ja Isfahaniin ammuttiin sukellusveneistä noin 30 Tomahawk-risteilyohjusta.

Jos Iranilla oli sotilaallinen ydinohjelma, sille saatiin aiheutettua viivästymistä, mutta ongelma ei kuitenkaan poistunut pysyvästi. Arvioiden mukaan Iran ehti ennen iskuja evakuoimaan turvaan 400 kiloa uraania, joka oli väkevöitetty 60-prosenttiseksi. Tuosta määrästä pystyisi kehittämään 15–20 ydinkärkeä.

Yhdysvaltojen tuki merkittävässä asemassa

Vaikka Israel lukeutuu niihin harvoihin maailman valtioihin, jotka ovat kehittäneet oman kansallisen monikerroksisen ohjustorjuntajärjestelmän, Yhdysvaltojen tuki oli ensiarvoisen tärkeää. Daavidin linko -järjestelmässä käytettävä SkyCeptor-torjuntaohjus on amerikkalaisen Raytheonin ja israelilaisen Rafaelin yhteistuotanto.

Ohjusten valmistaminen on paitsi hidasta myös äärimmäisen kallista: yhden ohjuksen kappalehinta on noin 1,5 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. Yhdysvaltojen satelliittitiedustelu mahdollisti riittävän ennakkovaroituksen ohjuslaukaisusta, ja sen Arleigh Burke -luokan ohjusfregatit tuhosivat osan ohjuksista jo niiden lentoradan alkuvaiheessa.

12 päivän sodan voi katsoa loppuneen Yhdysvaltojen painostukseen. Viimeisenä kasvot säilyttävänä eleenä Iran ”kosti” näytösluonteisesti Yhdysvalloille laukaisemalla 14 ohjusta

kohti Qatarissa sijaitsevaa al-Udeidan lentotukikohtaa. Iran oli varoittanut Yhdysvaltoja ja Qataria etukäteen. Tukikohdan Patriot-ilmatorjuntaohjusjärjestelmä tuhosi 13 ohjusta, ja yksi ohjus räjähti maassa aiheuttamatta tuhoja.

Iranin ja Israelin välinen tulitauko astui voimaan 24. kesäkuuta 2025. Tietoa ei ollut siitä, kuinka paljon ballistisia ohjuksia Iranilla olisi vielä ollut jäljellä ja kuinka pitkään Israelin torjuntaohjukset olisivat riittäneet.

Yhdysvaltojen sitoutumisesta Israelin ilmapuolustukseen kertoo myös se, että Yhdysvallat siirsi sodan aikana kaiken kaikkiaan kolme korkeatorjuntaan kykenevää THAAD-patteria (*Terminal High Altitude Area Defence*) Israelin tueksi. Iranin ohjusiskujen torjunnoissa THAAD-patterit käyttivät 150 torjuntaohjusta, mikä on neljännes koko Yhdysvaltojen asevoimien arsenaalista. Yhden THAAD-torjuntaohjuksen hinnaksi on arvioitu 12,7 miljoonaa Yhdysvaltojen dollaria. Lisäksi niiden vuosituotanto on hidasta, eli vuodessa valmistuu vain 11 tai 12 ohjusta.

Asevarustelukierre kiihtyy Lähi-idässä, uusia liittolaisia haetaan

Israelin ja Iranin välinen tulitauko jää pessimistisissä arvioissa vain tilapäiseksi. Koko laajan Lähi-idän alueen kattava asevarustelukilpailu on jo alkanut. Iranin presidentti Masoud Pezeškian teki kaksi merkittävää valtiavierailua heti sodan päättymisen jälkeen. Vierailulla Pakistaniin tehtiin sopimus terrorismin torjunnasta. Pakistan on myös ainoa muslimimaa, jolla on ydinase ja yli 600 000 sotilaan laajuisen, hampaisiin asti aseistettu armeija.



Amerikkalainen THAAD-ohjustorjuntajärjestelmä (Kuva: Ralph Scott/Wikimedia Commons)

Vierailulla Iranin presidentti tutustui myös Pakistanin kiinalaisiin Chengdu J-10 C -hävittäjiin, joita se oli käyttänyt menestyksellisesti Intiaa vastaan toukokuun rajakahakoissa. Iran on aloittanut neuvottelut 40 kiinalaisen Chengdu-hävittäjän hankinnasta pettyneenä siihen, ettei Venäjä lähettänyt sille konkreettista tukea sen jälkeen, kun Israel lokakuussa 2024 oli tuhonnut Iranin venäläisvalmisteiset S-300-järjestelmät.

Pezeškian teki myös vierailun Valko-Venäjälle elokuussa. Maat ovat vuonna 2023 tehneet puolustusyhteistyötä käsitteävän MoU-sopimuksen. Vierailulla tämän yhteistyön tiivistäminen nousi agendalle. Iranilla on tietotaitoa ohjusten valmistamisesta ja Valko-Venäjällä puolestaan TEL-mobiili-laukaisualustoja (*Transporter Erector Launcher*, TEL) ohjuksille, joita Iran nyt kipeästi tarvitsee täydentääkseen arsenaaliaan Israelin ilmaiskujen jäljiltä.

Turkki kehittää ohjuspuolustustaan ja ohjushyökkäyskykyään

Turkki yllätti monet tarkkailijat puolustusteollisuutensa nopeudella. Se julkisti elokuussa 2025 kehitettävän oman kansallisen monikerroksisen ilmatorjuntaohjusjärjestelmän nimeltään Rautakupoli (Çelik Kubbe). Järjestelmän on tarkoitus tulla operatiiviseen käyttöön parin vuoden kuluessa.

Turkin aiemmat yritykset kattavan ilmapuolustuksen hankkimisesta eivät ole olleet tuloksekkaita. Yhdysvallat ei aikanaan suostunut myymään Turkille Patriot-järjestelmää, ja kun Turkki kääntyi Venäjän puoleen ja hankki S-400-ilmatorjuntaohjusjärjestelmän, Yhdysvallat heitti sen ulos F-35-projektista. Tämänkin menetyksen Turkki on sittemmin korvannut kehittämällä oman kansallisen 5. sukupolven hävittäjäprojektin TAI Kaanin.

Turkissa on myös huomattu, miten tärkeitä hyökkäykselliset keskipitkän kantaman ballistiset ohjukset ovat. Turkkilainen Roketsan-yhtiö toi vuonna 2023 markkinoille CenK-ohjuksen, jonka kantama on tuhat kilometriä ja joka on varusteltu liikehtimiskykyisellä MARV-taistelukärjellä (*Maneuverable Reentry Vehicle*, MARV).

Saudi-Arabian ja Pakistanin puolustussopimus

Saudi-Arabia ja Pakistan allekirjoittivat 17. syyskuuta 2025 kahdenvälisen puolustussopimuksen, jonka mukaan hyökkäys toista osapuolta vastaan on hyökkäys molempia maita vastaan. Sopimus on herättänyt spekulatioita siitä, onko Saudi-Arabia nyt Pakistanin ydinasesateenvarjon suojassa. Sopimuksen poliittinen ulottuvuus on merkittävä.

Saudi-Arabia on pitkään luottanut Yhdysvaltojen tukeen ulkoisen turvallisuutensa takaajana. Gazan sota ja Israelin isku

Dohaan 9. syyskuuta herättivät kuitenkin epäluottamuksen Yhdysvaltojen turvatakuisiin alueen maille. Aika näyttäneekö, onko kahdenvälinen puolustussopimus alku sille, että arabimaat ottavat enemmän vastuuta omasta puolustuksestaan. Se voi olla myös alku Persianlahden omalle ”Natolle”.

Johtopäätöksiä Suomen ja Euroopan puolustuksesta

Ohjuspuolustus ei ole halpaa hupia: Israelille yhden vuorokauden ohjustorjunnan kulut arvioitiin noin miljardiksi Yhdysvaltojen dollariksi. Iranin hyökkäystaktiikka noudatteli pitkälti samaa käytäntöä kuin Venäjän ohjushyökkäykset. Puolustajan järjestelmät pyritään saturoimaan suurella määrällä samanaikaisesti ilmassa olevilla maaleilla sekä ohjuksilla että drooneilla. Venäjä suuntaa ohjusiskunsa siviilikohteisiin, kun taas Iranin hyökkäykset kohdistuivat alkuvaiheessa vain sotilaskohteita vastaan.

Kulutussodan tilanteessa ohjusten riittävyys ja saatavuus nousevat haasteiksi. Nato-jäsenyys ja liittokunnan tuki ovat oleellisia, sillä pienellä maalla ei ole varaa yksin kehittää vastaavanlaista monikerrostorjuntakykyä kuin esimerkiksi Israelilla tai Turkin Rautakupoli-järjestelmällä.

Euroopasta löytyy jo esimerkkejä yhteisen ilmapuolustuksen hankkeista. Saksan aloitteesta on syntynyt yhteiseurooppalainen ohjuspuolustushanke ESSI (*European Sky Shield Initiative*), jossa Suomikin on mukana tarkkailijajäsenenä. Pitäisikö jotain vielä konkreettisempaa yhteistyötä kehittää Pohjoismaiden kesken, ja löytyykö esimerkiksi pohjoismaiselta teollisuudelta ohjustuotannossa tarvittavaa osaamista?

On huomattava, että edes kaikkien kalleimmat torjuntaohjukset tai taakan jako ohjushankinnoissa ei ole sapluunaratkaisu, joka toimii kaikissa uhkaskenaarioissa. Entäpä jos tiedustelutietojen perusteella saadaan ennakkovaroitus siitä, että vastustaja on varustamassa taistelukärkeä biologisella tai kemiallisella latauksella? Ratkaisu on silloin vaikea: torjutaanko uhka omassa ilmatilassa vai löytyykö rohkeutta ja tunkeutumiskykyä iskeä vastustajan laukaisulavetteihin ennaltaehkäisevästi?

Kirjoittaja:

Everstiluutnantti, sotatieteiden tohtori Juha Mäkelä toimii osastopäällikkönä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastolla.

Vaarallisten teollisuuskemikaalien vaaraetäisyyksien mallintamisesta



(Kuva: Markus Hackspik, Microsoft Copilot)

Vaarallisia teollisuuskemikaaleja käytetään yleisesti erilaisissa tuotantolaitoksissa ja niitä kuljetetaan pääasiassa maanteillä, rautateillä ja merellä. Niitä voi päätyä sodassa ympäristöön, ja syynä tähän voi olla esimerkiksi liikenneonnettomuus, vaarallisia aineita käsittelevässä teollisuuslaitoksessa tapahtuva tahallinen tai tahaton onnettomuus tai harkittu vahingonteko. Sotilaallinen tulenkäyttö (tahallinen tai tahaton) voi kohdistua esimerkiksi kemikaaleja käsittelevään teollisuuslaitokseen.

Kuvatut vaarallisten teollisuuskemikaalien onnettomuustilanteet ovat yksi mahdollinen CBRNE-tilanne. CBRNE-tilanteella tarkoitetaan vaaratilannetta tai sellaisen uhkaa, joka johtuu

- kemiallisista aineista (C)
- biologisista taudinaiheuttajista (B)

- radioaktiivisista aineista (R)
- ydinaseista (N)
- räjähteistä (E).

Tällainen tilanne voi aiheutua näiden tahallisesta tai tahattomasta käytöstä. CBRNE-tilanteet voivat johtua onnettomuudesta, tahallisesta teosta tai luonnollisesta syystä, esimerkiksi luonnollisesta tartuntataudista.

Kemikaalit luokitellaan ja merkitään CLP-asetuksen mukaisesti (*Classification, Labelling and Packaging Regulation*). Vaarallisia kemikaaleja ovat

- terveys- ja ympäristövaaraa aiheuttavat kemikaalit
- fyysikaalista vaaraa aiheuttavat (palo- ja räjähdysvaaralliset) kemikaalit
- muut palavat nesteet (leimahduspiste 60–100 °C) kansallisen lainsäädännön perusteella.

Leviämisen mallintaminen

Ihmiselle välitöntä vaaraa aiheuttavan kemikaalin leviämiseen vuototilanteessa vaikuttaa

- kemikaalin olomuoto ja ominaisuudet
- vuodon suuruus
- tapahtumapaikka
- ympäristöolosuhteet.

Vaarallinen alue vaihtelee muutamista kymmenistä metreistä aina kymmeneen kilometriin saakka. Ympäristöolosuhteisiin sisältyvät säätila, maaston ja rakennusten muodot sekä kasvillisuus.

Vuodon olomuoto voi olla esimerkiksi neste tai kaasu. Neste voi muodostaa lammikon, josta ainetta haihtuu ympäröivään ilmaan. Kaasupilvi voi alkaa levitä ja laimentua ympäristön olosuhteiden mukaisesti.

Lyhenteet	
AEGL	<i>Acute Exposure Guideline Levels</i> , väestölle määritellyt altistumisrajat
ALOHA®	<i>Areal Locations of Hazardous Atmospheres</i> , US EPA:n leviämismalli kemikaalipäästöille
BLEVE	<i>Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions</i> , paineenalaisena nesteytetyn kaasun höyrystyminen räjähdyskseen omaisesti säiliön revetessä
CBRNE-tilanne	<i>Chemical, Biological, Radioactive, Nuclear, Explosive</i> . Kemiallisten, biologisten, radioaktiivisten, ydin- ja räjähdysaineiden aiheuttamia onnettomuuksia ja uhkatilanteita, jotka voivat olla tahallisia tai tahattomia
CLP-asetus	<i>Classification, Labelling and Packaging Regulation</i> . Aineiden ja seosten luokituksista, merkinnöistä ja pakkaamisesta annettu asetus (EY) N:o 1272/2008
ERG	<i>Emergency Response Guidebook</i> , hätätapausvastueohjekirja
ESCAPE	<i>Expert System for Consequence Analysis and Preparing for Emergencies</i> , Ilmatieteen laitoksen leviämismalli kemikaalipäästöille
TIC	<i>Toxic Industrial Chemical</i> , vaarallinen teollisuuskemikaali
TOKEVA	TOrjuntaohjeet KEmikaalien VAaratilanteille

Vaarallisten aineiden tunnistaminen aistien varaisesti ilman mittalaitteita on usein käytännössä mahdotonta, joten onnettomuusilanteissa on tärkeää noudattaa viranomaisten antamia ohjeita, vaikka ei itse havaitsisikaan vaaraa.

Mallintamalla leviämistä voidaan arvioida erilaisia uhkia ja luoda tilanne-ennusteita, joita voidaan hyödyntää pelastustoimien suunnittelussa ja operatiivisissa toiminnoissa. Tarkka vaikutusalue voidaan selvittää määrittämällä aine ja sen pitoisuus useassa eri kohdassa tai vasta jälkikäteen analysoimalla näytteitä laboratoriossa.

Jos tilanne vaatii pelastustoimia, aluksi tehdään yksinkertaiset kemikaalikohtaiset vaara-aluearviot. Vaara-aluearvioita voidaan tarkentaa esimerkiksi mallintamalla, kun tilanteesta saadaan lisätietoja. Leviämisen mallintaminen ja vaarallisen alueen tarkka ennustaminen vaativat asiantuntemusta sekä vaarallisista aineista että käytössä olevista mallinnustyökaluista.

Viranomaisten käytössä olevia vaara-arviointityökaluja

Suomessa käytössä oleva **TOKEVA 2024 -ohjepaketti** sisältää torjuntaohjeet, joita voidaan käyttää kemikaalien ja muiden vaarallisten aineiden aiheuttamissa vaaratilanteissa. TOKEVA on lyhenne sanoista ”torjuntaohjeet kemikaalien vaaratilanteille”. Kemikaalionnettomuuksia varten laadittu TOKEVA 2024 -ohjepaketti sisältää helppokäyttöiset ohjeet pelastustoiminnan organisoinnista, vaara-alueista, suojaustasoista ja tarvittavista torjuntatoimenpiteistä. TOKEVA-ohjeet on tarkoitettu pelastuslaitoksille kemikaalionnettomuuksien torjuntaan.

Pohjois-Amerikassa on käytössä **ERG-ohjeistus** (*Emergency Response Guidebook*), jonka uusin versio on vuodelta 2024. ERG-ohjeistus on tarkoitettu palomiehille, poliiseille ja muulle pelastushenkilöstölle, jotka tulevat ensimmäisinä vaarallisten aineiden onnettomuuspaikalle. Sen tarkoitus on auttaa ensiapuhenkilöstöä nopeasti tunnistamaan kuljetusonnettomuudessa mukana olevien materiaalien erityiset tai yleiset vaarat sekä suojelemaan pelastushenkilöstöä ja yleisöä onnettomuuden alkuvaiheessa. ERG-ohjeistuksesta löytyvät muun muassa kemikaalionnettomuuksien alkuvaiheen eristys- ja suojaetäisyydet.

Verkosta on saatavilla ilmaiseksi vaaran arviointiin soveltuvia leviämisen mallinnustyökaluja. Tällainen on esimerkiksi **ALOHA®-ohjelmisto** (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*). Sen ovat kehittäneet EPA Agency (*United States Environmental Protection Agency*, Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto) ja NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, Yhdysvaltain liittovaltion sää- ja valtamerentutkimusorganisaatio). ALOHA®:n avulla voi mallintaa kemikaalipäästöjä ja luoda uhka-aluearvioita erityyppisille

vaaroille. ALOHA® voi mallintaa myrkyllisiä kaasupilviä, syttyviä kaasupilviä, BLEVE-räjähdyksiä (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions*), lammikkopaloja, höyrypilviräjähdyksiä ja *jet fire* -suihkutulipaloja”. Suihkutulipalo on korkean lämpötilan liekki, joka vapautuu paineen alaisena tiettyssä suunnassa.

Kemikaalionnettomuuksien seurauksia voidaan arvioida Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä **ESCAPE-leviämismallilla** (*Expert System for Consequence Analysis and Preparing for Emergencies*). ESCAPE sisältää päästömalleja, lähdeterminalleja, leviämismalleja ja vaikutusanalyysimalleja. Se on validoitu arviointityökalu vaarallisten aineiden onnettomuuksien seurausanalyysiin.

Mallinnuksella saadaan sitä tarkempi malli, mitä enemmän tietoja tapahtumasta on käytössä. Mallinnuksen tulokseen vaikuttavat esimerkiksi

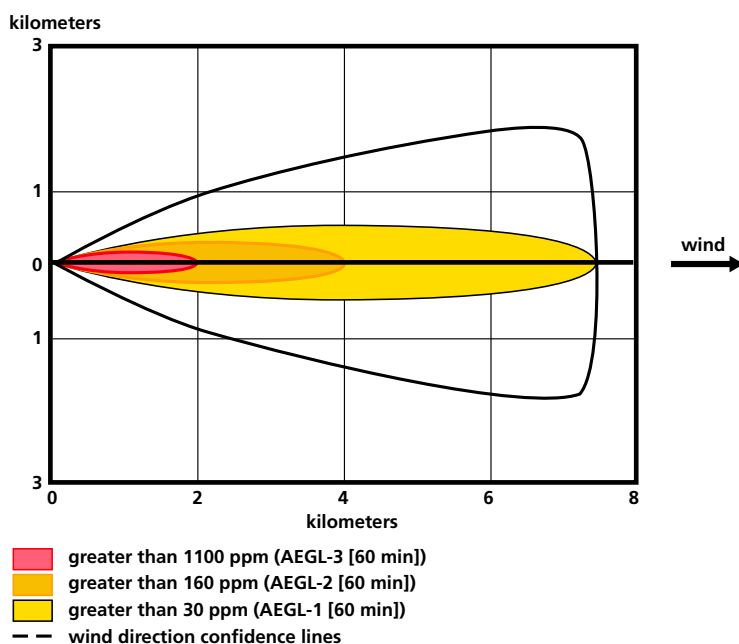
- säätila
- vapautuva aine
- se, tapahtuuko aineen vapautuminen kerralla vai vähitellen
- se, millaisesta ja millä korkeudella olevasta aukosta vuoto tapahtuu.

Esimerkiksi ESCAPE:n lähtötietoina voidaan antaa purkausaukon tai vaurioituneen putken koko sekä aineen olomuoto säiliössä. ALOHA®:ssa tulee antaa tarkat tiedot rikkoutuneen säiliön dimensioista (mm. purkausaukon koko ja nestepinnan taso säiliössä) tai rikkoutuneesta putkesta. Lisäksi tarkemmat mallit vaativat yksityiskohtaisia tietoja säätilasta ja ympärillä olevista rakennuksista ja maastosta.

Mallinnustyökaluja voidaan käyttää osittain eri käyttökohteisiin, ja niillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. TOKEVA:a ja ERG-ohjeistusta voidaan käyttää maanpuolustukseen liittyvissä vaaratilanteiden hallinnassa, toiminnan suunnittelussa ja operatiivisissa tehtävissä, kuten aineilta suojautumisessa tai evakuoimisessa.

Ohjeistuksien vaara-aluekuviot on laskettu etukäteen kattaville päästötilanteille erilaisissa säätilanteissa. Vaara-aluekuvio on sektori, johon sisältyy muun muassa tuulen suunnan epävarmuus ja maaston vaikutus aineen leviämiseen.

ESCAPE- ja ALOHA-leviämismallit ennustavat aineiden keskimääräistä leviämistä tietyssä säätilanteessa, ja ne pysyvät hyödyntämään muun muassa reaaliaikaista sää tietoa. Näitä leviämismalleja voidaan käyttää tilanteen suunnitteluun ja päästötietojen tarkentuessa myös tapahtuman tarkempaan arviointiin.



Kuva 1. ALOHA®-ohjelmiston leviämismallinnus ammoniakkivuodosta. Vaarallisimmalla alueella (sisin punaisella merkitty alue kahteen kilometriin asti tuulen alapuolella) voi altistuneille aiheutua hengenvaarallista terveyshaittaa tai kuolema. Mallin mukaan vähäisiä haittoja voi esiintyä lasketussa tilanteessa aina 7,5 kilometriin asti (keltainen alue ja mustalla ääriviivalla merkitty varmuussektori). (Alkuperäisestä grafiikasta muokannut Johanna Suominen)

Esimerkkitapaus Ukrainassa

Ukrainassa on tapahtunut käynnissä olevan sodan aikana lukuisia sotilaallisista iskuista johtuvia vaarallisten teollisuuskemikaalien onnettomuuksia.

Esimerkiksi Sumyn kaupungissa Itä-Ukrainassa tapahtui vuonna 2022 onnettomuus, jossa lannoitetehtaan alueella ollut 50 tonnin ammoniakkisäiliö vaurioitui pommituksessa. Tiedot vuodon suuruudesta ja muista onnettomuuden yksityiskohdista sekä syillisistä vaihtelevat lähteen mukaan. Onneksi ammoniakkivuodosta muodostunut pilvi kulkeutui tuulen mukana poispäin tiheimmin asutuilta alueilta. Eri lähteiden mukaan vaarallinen etäisyys oli 1,5–2,5 kilometriä.

Onnettomuutta mallinnettiin eri uutislähteistä kootuilla vajavaisilla tiedoilla käyttäen ALOHA®-ohjelmistoa. Mallinnuksessa oletettiin, että säiliön sisältämä aine vapautuu kokonaan hyvin lyhyessä ajassa ilmaan. ALOHA® piirtää AEGL (*Acute Exposure Guideline Levels*)-arvoilla leviämisarvion (Kuva 1). Vaarallisimmalla alueella (sisin alue kahteen kilometriin asti tuulen alapuolella) voi altistuneille aiheutua hengenvaarallista terveyshaittaa tai kuolema. Mallin mukaan vähäisiä haittoja voi esiintyä lasketussa tilanteessa aina 7,5 kilometriin asti (keltainen alue ja varmuussektori).

Vertailun vuoksi esimerkiksi ERG-ohjeistus antaa pahimassa tapauksessa ammoniakkia sisältävän suuren vuodon (rautatievaunu, suuret teollisuussäiliöt) onnettomuudelle eristysetäisyydeksi 300 metriä vuotoalueen ympäristöön ja suojautumisetäisyydeksi 4,1 kilometriä tuulen alapuolella. Vastaavasti TOKEVA antaa suuressa ammoniakkivuodossa ensivaiheen pelastustoimen välittömän vaaran alueeksi 50 metriä vuodon ympäristöön ja 300 metriä tuulen alapuolelle sekä suojautumisetäisyydeksi 600 metriä tuulen alapuolella.

Yhteenveto

Vaaralliset teollisuuskemikaalit voivat vapautuessaan aiheuttaa haittaa ihmisille ja ympäristölle. Leviämisen mallinnuksen perusteella voidaan selvittää vaaralliset alueet ja evakoida väestö sekä suunnitella pelastustoimia. Tässä artikkelissa esiteltiin suppeasti eri vaaranarviointityökaluja ja sovellettiin niitä esimerkinomaisesti Ukrainassa tapahtuneeseen yksittäiseen tilanteeseen.

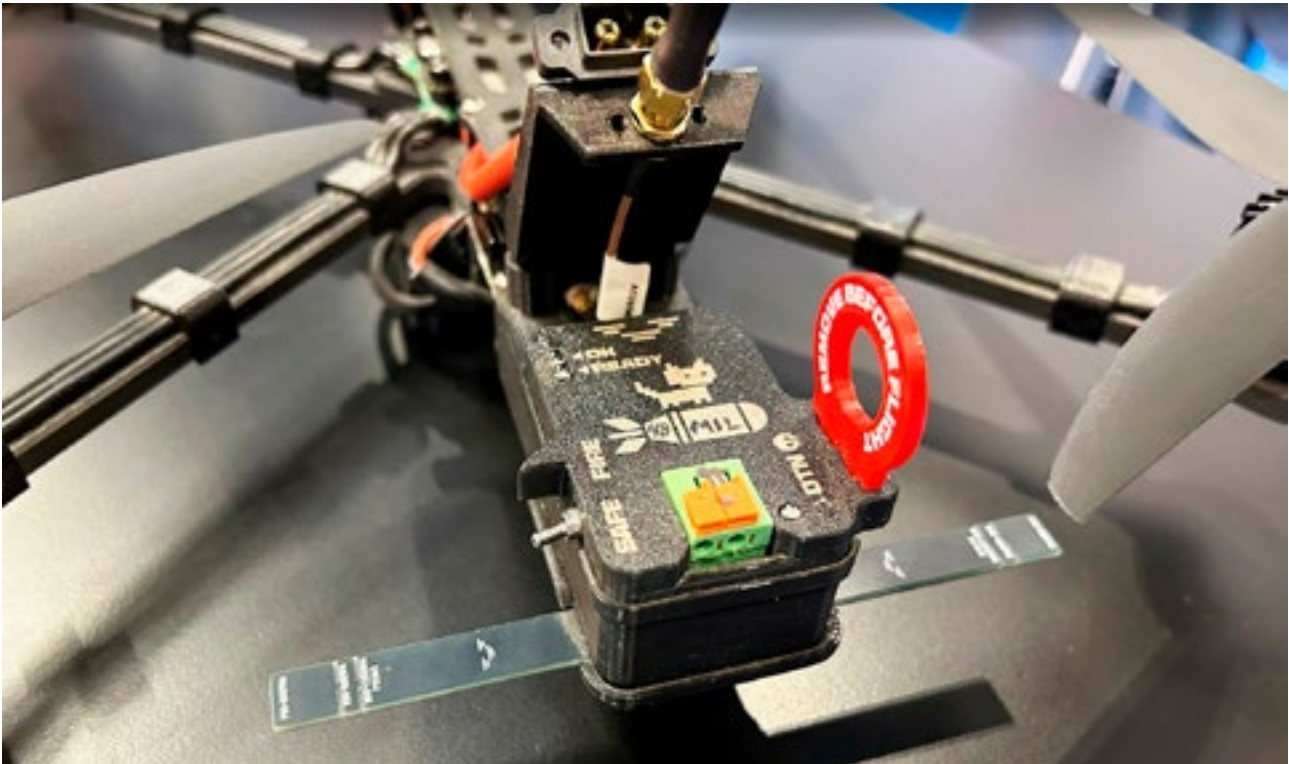
Kirjoittajat:

Diplomi-insinööri Markus M. Hackspik toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastossa joukkotuhoasevaikutukset-tutkimusalalla.

Filosofian maisteri Arto Jäppinen toimi erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosastossa joukkotuhoasevaikutukset-tutkimusalalla.

Uudet teknologiat logistiikassa:

CASE 3. Logistiikkarykmentti



Kuva 1. Ilmassa toimiva drooni ja sen ominaisuuksia. (Kuva: Henri Siik)

Viimeisimmän 3–4 vuoden aikana teknologinen kehitys on ottanut suuria harppauksia erityisesti tiedustelussa, valvonnassa ja vaikuttamisessa. Ukrainan sodan kokemusten myötä on havaittu, että logistisilla ketjuilla on merkittävä vaikutus menestyksekkääseen taisteluun. Tämän vuoksi uusien teknologioiden ymmärtäminen tai ainakin niiden käytön hallitseminen on erittäin tärkeä osa operatiivista toimintaa myös logistiikkarykmenttien toimintakentällä.

Miehittämättömien järjestelmien käyttöä 3. Logistiikkarykmentissä

3. Logistiikkarykmentin toiminta-alue on laaja, ja miehittämättömien järjestelmien järkevällä käytöllä henkilöresurssia voidaan kohdentaa prioriteetiltaan tärkeämpiin tehtäviin. Alueiden valvontaan on mahdollista käyttää miehittämättömiä maa-ajoneuvoja sopivilla valvontasensoreilla varustettuina, ja sitä voidaan täydentää ilmassa toimivilla lentävillä laitteilla (kuva 1).

Miehittämättömät järjestelmät täydentävät jo olemassa olevia suorituskykyjä, eikä niiden käyttö tarkoita automaattisesti jonkin teknologian alasajoa. Logistiikassa kumi- ja rautapöyrien päällä tapahtuva logistinen toiminne lienee vielä pitkään pääasiallinen keino hallita logistisia virtoja, mutta nykyisin jo useita satoja kiloja ilmaitse kuljettamaan kykenevät droonit tuovat lisäkapasiteettia erityisesti taistelukentän haastaviin olosuhteisiin.

Maa- ja ilmatoimisissa miehittämättömissä järjestelmissä yksi kriteeri on niiden uhrattavuus, eli kohtuullisen kustannustehokkaiden ratkaisujen saaminen aikaan haluttu vaikutus. Maanpuolustuskorkeakoulun sotatekniikan laitoksella kehitettiin Metropolia-ammattikorkeakoulun kanssa yhteistyössä käytöstä poistettuun miehitettyyn telakuorma-autoon moduuli, jolla ajoneuvo voitiin muuttaa toimimaan miehittämättömästi etäohjauksella 4G-verkossa (kuva 2).

Telakuorma-auton käyttö esimerkiksi lentotukikohtien logistiikan järjestelyissä voi tuoda lisätehokkuutta tiukoissa



Kuva 2. Kaukokäytettävä miehittämätön telakuorma-auto testitilanteessa ja ohjaamo. (Kuva: Christian Andersson)

taistelutilanteissa, jolloin muun muassa täydennykset ja lääkintähuoltotoimet voitaisiin osittain korvata miehittämättömällä ajoneuvolla. Sotatekniikan laitoksen ja Metropolian yhteistyöprojektissa laitetta ohjattiin useiden kilometrien etäisyydeltä.

Miehittämättömien järjestelmien ja uusien teknologioiden suojaratkaisuja 3. Logistiikkarykmentissä

Rykmentin toiminta-alue on hyvin laaja, ja maastot ovat monipiirteisiä. Niiden valvonta ihmisvoimin sitoo aikaa ja resursseja varsin paljon. Yksi ratkaisu tämän kaltaiseen monitahoiseen ongelmaan voisi olla miehittämättömien järjestelmien yhteiskäyttö tai hybridiversiot: Toisen järjestelmän havaitessa kiinnostavan kohteen toinen järjestelmä hakee lisäinformaatiota kohteesta ja tarvittaessa tuhoaa selkeän kohteen. MULTICO-hankkeessa kehitettiin tällaisia ratkaisuja vuosina 2020–2023 (kuva 3).

Miehittämättömiä järjestelmiä voidaan käyttää kohteiden tunnistamisen jälkeen poikkeusoloissa vihollisen eliminointiin, ja tähän löytyy erilaisia vaihtoehtoja:

1. Sähkömagneettinen vaikuttaminen: Vaikutus kohdistetaan vihollisen droonien ohjaus- tai paikannussignaaleihin, jolloin droonien vaikutus ohjataan vihollisen kannalta epäsuotuisaan kohteeseen.
2. Kineettinen vaikuttaminen: Drooni voidaan eliminoida esimerkiksi pumppuhaulikoilla, mutta se vaatii suurta ammattitaitoa ampujalta. Lisäksi voidaan käyttää vastadrooneja, joita löytyy markkinoilta erilaisiin

käyttötarkoituksiin. Erikoisjoukkoja vastaan on myös kehitetty erilaisia vaihtoehtoja.

Drooneista puhuttaessa usein tarkoitetaan UAV-tyyppisiä (*Unmanned Aerial Vehicle*) drooneja, mutta niiden skaala voidaan logistiikkarykmentin toiminta-alueella laajentaa koskemaan myös UGV- ja USV-tyyppisiä (*Unmanned Ground Vehicle, Unmanned Surface Vehicle*) miehittämättömiä ajoneuvoja. Alivoimainen miehistö voi erilaisten droonien yhteiskäytöllä torjua droonien aiheuttamaa uhkaa logististen ketjujen alueella.

Vaadittava osaaminen menestyksessä taistelussa 3. Logistiikkarykmentin toimintakentällä

Useissa miehittämättömissä järjestelmissä datan merkitystä ei voida korostaa liikaa, ja joko mahdollisen datan minimointi tai taistelukentän kyllästäminen on merkittävä keino suojata omaa toimintaa. Droonien kehityksen rinnalla kulkee läheisesti vastadroonitoiminta, jolloin droonien toiminnan ja rakenteiden ymmärtäminen riittävällä tasolla on keskeinen tekijä sekä suojauksessa että vaikuttamisessa.

CUAS-toiminta (*Counter Unmanned Aerial Systems*) onkin mielestäni logistiikkarykmenttien kannalta vähintäänkin yhtä tärkeää kuin varsinainen UAV-, UGV- ja USV-toiminta, sillä sen avulla omaa toimintaa voidaan suojata. Lisäksi tekoälyn algoritmit vaativat riittävää ymmärrystä.

Operatiiviset ja taistelusuunnitelmat tulee päivittää vastaamaan nykyisiä uhkia. Lisäksi harjoittelun merkitys lisääntyy jatkuvasti.



Kuva 3. Usean miehittämättömän järjestelmän yhteiskäyttö aluevalvonnassa. (Kuva: Christian Andersson)

Yhteenveto

Tässä artikkelissa kuvattiin uusien teknologioiden käyttöä logistiikkarykmentin toiminnassa ja taistelukentän hallinnassa. Teknologinen kehitys on valtavan nopeaa. Menestyksessä taistelussa johtajien on pystyttävä adaptoitumaan muutoksiin hyvin nopeasti ja siihen, milloin joukon taistelu on dynaamista ja proaktiivista eikä pelkästään reagoivaa.

Kokemukseni mukaan yhteistyö eri toimijoiden (Puolustusvoimien kontekstissa joukko-osastot, Maanpuolustuskorkeakoulu ja Puolustusvoimien tutkimuslaitos) kanssa on välttämätöntä, jotta riittävä osaaminen ja ymmärrys sekä teknologiassa että operatiivisessa toiminnassa voidaan saavuttaa.

Niin sodit kuin harjoittelet!

Kirjoittaja:

Insinöörieverstiluutnantti (FT, DI) Mika Nieminen toimii Ilmavoimien varikon päällikkönä 3. Logistiikkarykmentissä.

Tekoälyllä laaditut kuvat

s. 32 Johanna Suominen, Microsoft Copilot

Syöte: Piirrä sinisävyinen kuva, jossa Suomen kartan päällä kävelee useita, yhden käden pitelemiä marionettinukkeja.

s. 36 Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator

Syöte: Tee fotorealistinen kuva ilmiöistä, jossa kybermaailman ja fyysisen maailman raja hämärtyy, verkostot, tietovirrat, muutos, haavoittuvuus, neonvihreä.

s. 38 Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator

Syöte: Tee fotorealistinen kuva, suljettu internet, Venäjän lipun värit, Moskovan varjo, kybermaailma, vanhanaikainen.

Syöte: Tee fotorealistinen kuva TCP/IP tietoliikenneprotokollasta, jossa on Venäjän ja Kiinan värit vastaan länsi.

s. 39 Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator

Syöte: Tee fotorealistinen kuva Ukrainan nopeasta pilvipalvelusiirtymästä.

s. 40 Mari Ristolainen, Microsoft Designer Image Creator

Syöte: Tee fotorealistinen kuva naishackerista, jolla on tumman ruskea polkkatukka, musta huppari ja silmälasit.

s. 46 Eero Havu, ChatGPT

Syöte: US, Russia, China race for AI

s. 57 Timo Lampinen, ChatGPT

Syöte: Military Unmanned Ground Vehicle

s. 75 Markus Hackspik, Microsoft Copilot

Syöte: Tee vaakasuuntainen kuva, jossa aurinko paistaa taivaalla. Vaarallista teollisuuskemikaalia vapautuu teollisuuslaitoksesta, joka on ollut sotilaallisen iskun kohteena. Säiliö on likainen ja osittain romun peitossa. Aurinko on puoliksi pilven takana

Vuosikirjan jakelun huomautukset: puolustusvoimientutkimuslaitos@mil.fi

Ilmavoimien esikunta

Komentotie 250
PL 30
41161 Tikkakoski

Maanpuolustuskorkeakoulu

Santahamina
PL 7
00861 Helsinki

Maasotakoulu

Maavoimien tutkimuskeskus

Kadettikoulunkatu 7
PL 54
49401 Hamina

Puolustusvoimien logistiikkalaitos

Hatanpäänvaltatie 30
PL 69
33100 Tampere

Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Riihimäen toimipiste
Tykkikentäntie 1
PL 10
11311 Riihimäki

Ylöjärven toimipiste
Paroistentie 20
PL 5
34111 Lাকiالا



Puolustusvoimat
puolustusvoimat.fi