

Avaruustoimintaympäristön muutoksien vaikutukset Suomen turvallisuuteen

Mika Aaltola johtaja, Ulkopoliittinen instituutti

Katja Creutz vanhempi tutkija, Ulkopoliittinen instituutti

Suomen on syytä ottaa huomioon avaruustoimintaympäristön muutokset kansallisen turvallisuuden näkökulmasta

Avaruus on ollut perinteisesti keskeisten suurvaltojen toimikenttä, ja toiminta avaruudessa on pohjautunut joko kalliiden valtiollisten tai monikansallisten järjestelmien varaan. Nyt avaruustoiminta on kuitenkin suuressa murroksessa. Kynnys valmistaa tai hankkia ja hallinnoida satelliitteja sekä satelliittikonstellaatioita on madaltunut niin paljon, että valtiotoimijoiden lisäksi jopa pienet yritykset ja yksityiset organisaatiot pystyvät siihen. Avaruusteknologian kehittyminen on 10 vuodessa pudottanut avaruuden hyödyntämisen hinnan murto-osaan. Avaruussegmentin tuottaman datan määrä ja sen maantieteellinen kattavuus ovat mullistuneet, mikä mahdollistaa täysin uudet sovellukset, jotka perustuvat avaruus- ja maasegmenttien havaintojen yhdistämiseen. Tätä murrosta kutsutaan nimellä New Space -ilmiö. Uusien käytänteiden lisäksi sen myötä avaruusosalalle tulee uusia monenlaisin motiivein varustautuneita toimijoita. Samalla kuitenkin myös perinteisempi suurvaltojen välinen strateginen kamppailu on kiristynyt ja heijastuu yhä enemmän avaruustoimintaympäristöön. Nämä dynamiikat vaikuttavat eri tavoin turvallisuuspoliittisiin kehityskuluihin kansainvälisesti.

Tämän tarkastelun keskiössä on avaruusturvallisuuden yleisten teknologisten ja markkinaehtoisten trendien rinnalla tapahtuvan suurvaltakamppailun nousun ja avaruuden lisääntyvän geopolitisoitumisen vaikutukset Suomen turvallisuuteen. Erityisiä haasteita nostetaan esiin arkiseen alueeseen, aluevalvontaan ja huoltovarmuuteen liittyen. Näihin kyetään vastaamaan parhaiten syventämällä kansainvälisiä kumppanuuksia Suomen omat strategiset intressit huomioiden.

JOHDANTO

Suurvaltojen välinen kilpailu on lisääntymässä tavalla, joka lisää territoriaalisten jännitteiden lisäksi kilpailua myös valtioiden rajojen ulkopuolisilla yhteiskäytöllisillä toimintaympäristöillä, kuten kansainvälisillä merialueilla, kansainvälisessä ilmatilassa, avaruudessa sekä kyberavaruudessa. Suurvaltojen geostrategia on perinteisesti ollut territoriaalista, se on perustunut kamppailuun strategisten resurssien suorasta tai epäsuorasta hallinnasta tietyllä maantieteellisellä alueella. Valtioiden turvattu pääsy aikaisemmin viljavarantoihin ja sittemmin esimerkiksi öljykentille tai metallivarannoille on ollut keskeisessä roolissa suurvaltakamppailussa. Uudemmat geostrategiset käytännöt painottavat näiden rinnalla yhä enemmän keskeisten, usein valtioiden rajat ylittävien yhteyksien sekä ne mahdollistavien kansainvälisten toimintaympäristöjen suoraa tai epäsuoraa hallintaa joko omaehtoisesti tai turvallisuuskumppanuuksien avulla.

Geostrateginen ja teknologinen murros korostaa avaruuden merkitystä Suomen turvallisuuden kannalta keskeisenä toimintaympäristönä. Yhä useampi suomalaisen yhteiskunnan keskeisistä toiminnoista on lisääntyvässä määrin avaruussidonnainen. Esimerkiksi liikenne teillä, ilmatilassa ja merellä perustuu yhä enemmän avaruussidonnaiseen navigaatioon. Sen lisäksi, että Suomi ja suomalaiset toimijat ovat riippuvaisia avaruudesta toimintaympäristönä, ne ovat myös altistuneet tämän toimintaympäristön haavoittuvuuksille ja hyväksikäytölle. Esimerkiksi satelliittinavigaation häiriöityminen valtiollisen tahon toimesta on synnyttänyt ongelmia ylläpitää siviililentoliikennettä Pohjois-Suomessa. Suomi sijaitsee suurvaltapoliittisesti haasteellisella alueella. Suurvaltojen uudet kyvykkyydet sekä tavat käyttää tarvittaessa hyväkseen avaruussidonnaisia haavoittuvuuksia on syytä huomioida Suomessa.

Suomen kannalta erityisen huolestuttavaa on avaruuden geopolitisoituminen (ja militarisoituminen) osana kiihtyvää suurvaltakamppailua. Tähän kiinteästi liittyen, avaruusturvallisuuden trendit kärjistävät tilannetta erityisesti Suomelle geostrategisesti yhä merkittävämällä arktisella alueella. Aluevalvonnan näkökulmasta avaruuskyykyksien määrän ja laadun lisääntyminen tuottaa muille mahdollisuuksia muodostaa kattavampaa tilannekuvaa Suomesta. Toisaalta yhdessä kumppanuuksien avulla Suomen kyvykkyyksiä on myös mahdollista lisätä. Lisäksi yhteiskunnan erinäiset toiminnot saattavat vaarantua, jos Suomi ei kykene turvaamaan kansalliseen tietotaitoon sekä kansainväliseen yhteistyöhön pohjautuen avaruustoimintaympäristöä hyödyntävien toimintojen ja kyvykkyyksien riittävää tasoa ja jatkuvuutta.

Tässä Policy Brief –artikkelissa tarkastellaan avaruustoimintaympäristöön liittyviä keskeisiä muutoksia sekä niiden vaikutuksia Suomen turvallisuuteen. Aluksi tekstissä tarkastellaan avaruusturvallisuuteen liittyviä yleisiä trendejä, minkä jälkeen analysoidaan tarkemmin Suomen näkökulmasta tärkeitä kehityskulkuja, kuten avaruuden geopolitisoitumisen dynamiikkaa, arktisen alueen merkityksen nousua ja yleisemmin aluevalvonnan uusia haasteita. Lisäksi tekstissä käydään läpi ja pohditaan Suomen kykyä vastata avaruusturvallisuuteen liittyviin haasteisiin, huoltovarmuuden turvaaminen mukaan lukien, erinäisten kansainvälisten kumppanuuksien avulla. Lopuksi esitetään keskeiset johtopäätökset Suomen avaruuspolitiikan turvallisuusnäkökulman tueksi.

AVARUUSTURVALLISUUDEN YLEISIÄ TRENDJÄ

Pääsy avaruuteen ja kyky toimia siellä ovat yhä tärkeämmässä roolissa moderneissa yhteiskunnissa. Yhä suurempi ja monipuolisempi joukko satelliitteja muun muassa yhdistää maassa

toimivia tieto- ja kommunikaatioverkkoja, mahdollistaa ilmaston ja säätilojen muutosten seurannan sekä tarjoaa paikkatietopalveluita älypuhelimiin ja navigaatiolaitteille.¹ Myös puhtaasti tiedusteluun ja sotilaalliseen käyttöön tarkoitetut satelliitit ovat lisääntyneet. Avaruuden ja siellä toimimisen merkityksen kasvaessa näihin liittyvät turvallisuuskysymykset ovat tulleet yhä ajankohtaisemmiksi.

Yleisesti voidaan tunnistaa viisi avaruusturvallisuuteen vaikuttavaa trendiä.

(1) Avaruus on aikaisempaa saavutettavampi: teknologisen kehityksen johdosta satelliittien laukaisukustannukset ovat laskeneet ja pienemmät nano-, piko- ja femto-satelliitit ovat mahdollistaneet uusille toimijoille omia sotilaallisia, tieteellisiä ja kaupallisia avaruuskyvykkyyksiä (ks. esim. Amos 2019). Myös Suomella on ratkaisuja tarjottavana eurooppalaisiin avaruustoimintaympäristön arvoketjuihin sekä Yhdysvaltojen avaruusmarkkinoille. Business Finlandin tarjoama tuki rahoitukseen, verkostojen luomiseen ja viestintään liittyen pyrkii edistämään tätä edelleen (Space Finland, n.d.; Business Finland, n.d.).

(2) Avaruusteknologian määrällinen ja laadullinen kehitys on tehnyt satelliittien seuraamisesta ja paikantamisesta entistä vaikeampaa (Salinas 2018). Suomelle tilanne on haasteellinen, koska suojautumisen muiden satelliitteja operoivien tahojen kyvyllä muodostaa tarkkaa tilannekuvaa on entistä haasteellisempaa ja vaatii tiiviimpää eurooppalaista ja bilateraalista yhteistyötä.

(3) Avaruus on entistä ruuhkaisempi ja kilpaillumpi. Sen lisäksi, että avaruusesineiden, kuten erilaisten satelliittien, määrä on kasvanut merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana, niiden hajoamisesta syntyvä avaruusromu muodostaa yhä kimurantimman vaaran. Esimerkiksi satelliittien tuhoamista on kokeiltu useissa maissa ja nämä testit ovat osaltaan lisänneet avaruusromun määrää, mikä uhkaa muiden satelliittien operointia sekä avaruuslentoja (Witze 2018). Lisäksi kansainvälinen yhteistyö avaruusromun vähentämiseksi on haastavaa (Kurt 2015).

(4) Avaruuden aseistaminen etenee suurvaltakamppailun kiristyessä ja uusien suurvaltojen noustessa. Esimerkiksi Venäjä, Kiina ja USA ovat kehittäneet uusia avaruusasejärjestelmiä satelliittien maanpäällistä sekä avaruuteen sijoitettavaa torjuntaa varten. Samalla sopimusperustainen monenkeskinen sääntely ei estä suurvaltojen välisen kilpailun leviämistä avaruuteen.

(5) Satelliittipohjaiset kommunikaatio- ja navigaatiojärjestelmät ovat yhä haavoittuvampia sekä kyberhyökkäyksille että signaalinhäirinnälle. Erityisesti ilmatilaa käyttävä lentoliikenne on altis tälle häirinnälle, kuten Suomessa ja Norjassa on havaittu (Leisti 2018; Virtanen 2018; Adomaitis 2019).

SUURVALTAKAMPPAILUN KOROSTUMINEN GEOPOLITISOI AVARUUSTOIMINTAYMPÄRISTÖÄ

Avaruus on keskeisessä roolissa (alueellisen/globaalin) tilannekuvan ylläpitämisessä. Tämä koskee erityisesti kohdealueen olosuhteiden ja mahdollisten vihamielisten toimien havainnointia, korkealaatuista paikkatietoa ja navigointikyvykkyyttä, sekä reaaliaikaista laajakaistaista kommunikaatiota ja tiedonvälitystä omien operatiivisten yksiköiden sekä autonomisten järjestelmien kesken. Näitä kyvykkyyksiä ylläpidetään pysyvien satelliittikonstellaatioiden sekä jotain

¹ Keskeisiä kaksikäyttöisiä satelliittiperustaisia paikannusjärjestelmiä ovat muun muassa GPS, GLONASS, Beidou ja Galileo.

kohdealuetta varten erikseen laukaistujen satelliittien avulla. Globaalisti Yhdysvaltojen kyvykkyudet ovat edelleen omaa luokkaansa, joskin muut merkittävät toimijat, kuten Kiina ja Venäjä (ja myös yksityinen sektori), pyrkivät edistämään omiaan (ks. The Economist 2019).

Avaruustoimintaympäristön kilpailun korostuminen sekä teknologinen muutos muodostavat uusia haasteita Suomen aluevalvontakyvyille. Yhtäältä muiden toimijoiden tilannetietoisuus Suomen ratkaisusta ja kyvykkyyksistä kasvaa esimerkiksi uusien vakoilusatelliittien (esim. tutka-satelliitit) kautta. Kun avaruusjärjestelmät ovat yhä edullisempia ja teknologisesti suoraviivaisempia, muiden toimijoiden kyky tarkasti havainnoida Suomen aluetta kasvaa. Toisaalta Suomen kyvyt omaan tilannetietoisuuteen lähialueillaan (sekä avaruudessa) ovat riippuvaisia osittain turvallisuuskumppanuuksista ja niiden luotettavuudesta. Kumppanuusverkot edellyttävät Suomelta aktiivista osallistumista ja toiminnan riittävää resursointia.

Suurvaltojen keinot evätä muilta pääsy avaruuteen ja mahdollisuus käyttää siellä sijaitsevia erinäisiä kyvykkyyksiä ovat kasvaneet. Satelliittijärjestelmiä kyetään helpoimmin vaurioittamaan maasta käsin laukaistavilla ohjuksilla, kuten USA, Kiina, Venäjä ja Intia ovat jo osoittaneet. Suuritehoisia lentokoneesta käytettäviä laseraseita, jotka on tarkoitettu satelliittien vaurioittamiseen, lienee käyttövalmiina lähivuosien aikana (Gettleman ja Kumar 2019; Tucker 2018). Satelliittikommunikaation tai navigaation häirintä (eng. jamming) tai väärän paikkatiedon lähettäminen (eng. spoofing) onnistuu nykyteknologialla pienin kustannuksin, ja siihen pystyvät pienetkin toimijat tai organisaatiot. Suurvalloilla on suunnitteluvaiheessa ja myös todennäköisesti koekäytössä avaruudesta käsin toimivia tuhoajasatelliitteja, joihin on asennettu suuritehoisia sähkömagneettisia tai optisia häirintälaitteita, tai ne käyttävät kineettistä tehoa kohdesatelliitin heikentämiseksi (Tucker 2019). On mahdollista, että jopa avaruusromun poistamiseen suunnitteilla olevia ratkaisuja on mahdollista käyttää haluttaessaan myös vaurioittamaan toimivia satelliitteja. Toisaalta mahdollisia satelliittien vaurioittamistoimia varten suurvalloilla on pyrkimys saavuttaa tarvittava tietämys toistensa satelliittijärjestelmistä ja yksittäisten satelliittien sijainnista, jotta mahdollisten haitallisten satelliittien epäilyttävät ratamuutokset huomataan (The Economist 2019).

Tämänkaltaiset kehityskulut avaruuden geopolitisoitumiseksi ja militarisoitumiseksi sotivat useita avaruustoiminnan peruseriaaiteita vastaan. Avaruusoikeuden mukaan ulkoavaruus kuuluu kaikille valtioille yhtäläisesti, koska sen katsotaan olevan ”ihmiskunnan omaisuutta” (province of all mankind) (Avaruusyleissopimus 57/1967, Artikla 1). Suurvaltojen toimet siis asettavat riskialttiiksi kaikkien maiden vapaan pääsyn avaruuteen, eikä mikään maa voi eksklusiivisesti käyttää tai ottaa haltuun ulkoavaruutta tai taivaankappaleita (Artikla 2). Toiseksi, kansainvälinen sääntely perustuu avaruuden rauhanomaiselle käytölle ja kiellolle joukkotuhoaseiden lähettämisestä maata kiertävälle radalle tai niiden asettamisesta taivaankappaleille (Artikla 4). Ylipäättään kiristynyt suurvaltakilpailu asettaa kyseenalaiseksi velvollisuuden käyttää ulkoavaruutta ”kansainvälisen rauhan ja turvallisuuden vahvistamiseksi ja kansainvälisen yhteistyön ja ymmärryksen lujittamiseksi ja edistämiseksi” (Artikla 3).

Suurvaltojen välisen kilpailun korostuminen ei heijastu ainoastaan mahdollisina haasteina yksittäisillä toimintaympäristöillä, kuten avaruudessa. Toimintaympäristöjen väliset (eng. interdomain) riippuvuudet korostuvat. Hybridisodankäynti ja -vaikuttaminen on kasvava kansainvälistä kanssakäymistä leimaava piirre, joka pureutuu erityisesti toimintaympäristöjen välisiin vaikutussuhteisiin. Esimerkiksi satelliittikommunikaation ja -navigaatioon voidaan vaikuttaa myös kybertoimintaympäristön kautta, digitaalisia järjestelmiä häiritsemällä. Tämä haitta voidaan tuottaa hyvin kustannustehokkaasti hakeroimalla esimerkiksi maa-aseiden järjestelmiä. Samankaltaisiin riskiskenaarioihin liittyy myös avaruuden tai kyberavaruuden käyttäminen esimerkiksi laivaliikenteen (korkeateknologiaan pohjautuvan) navigaatiokyvyn häiritsemiseksi. Kaiken kaikkiaan tämä toimintaympäristöjen välisiä riippuvuussuhteita hyödyntävä häirintäkyky on trendi, jonka ymmärtäminen on yhä välttämättömämpää suurvaltajännitteiden noustessa.

Suomen näkökulmasta toimintaympäristöjen välisten riskien tunnistaminen ja hallitseminen itsenäisesti on paitsi tärkeää mutta myös erityisen haastavaa. Tämä lisää painetta tiivistää kansainvälisiä kumppanuuksia ja osallistua kansainvälisiin turvallisuusverkostoihin. Verkostokyvyyksien hyödyntäminen edellyttää myös yksityisten toimijoiden tukemista, jotta niiden tarjoama lisäarvoa on mahdollista hyödyntää myös avaruustoimintaympäristössä.

ARKTISEN ALUEEN MERKITYKSEN KASVU

Yleisen suurvaltakamppailun lisääntymisen lisäksi Suomen näkökulmasta on erityisen huolestuttavaa, että turvallisuuspoliittiset jännitteet nousevat läheisellä arktisella alueella. Arktisen alueen merkitys on Venäjälle erityisen suuri. Siellä sijaitsee ensinnäkin Venäjän taloudelle keskeisiä energialähteitä. Alueen merkitystä sekä Venäjälle että kansainvälisesti korostaa edelleen avautuva pohjoinen merireitti, sekä Kuolan niemimaalta operoiva Pohjoinen laivasto ja sen strategiset sukellusveneet. Venäjä on myös viime vuosina vahvistanut yleisemmin sotilallista läsnäoloaan ja toimintakykyään pohjoisilla alueilla. Avaruusnäkökulmasta se on erityisesti ottanut käyttöön voimakkaita elektronisen sodankäynnin maajärjestelmiä, joiden avulla voi muun muassa häiritä laaja-alaisesti satelliittikommunikaatiota, mukaan lukien navigaatiolaitteiden signaalia (GPS) sekä lennokkien kauko-ohjausta. Lisäksi Venäjä pyrkii kehittämään omaa satelliittiverkostoaan polaarialueella, esimerkiksi Arktika (mm. säätilan, maa- ja merialueiden monitorointi sekä muita palveluita) ja Meridian (sotilaskommunikaatio) satelliittien avulla (ks. esim. Staalesen 2015). Kaiken kaikkiaan Venäjä lähestyykin arktista geostrategisena alueena, jonka keskeisten osien turvallisuus ja hallinta muodostavat maalle tärkeän tavoitteen (Mikkola 2019; Staalesen 2019).

Perinteisesti arktista aluetta on pyritty pitämään geopoliittisista jännitteistä vapaana yhteistyön alueena, pitkälti Arktisen neuvoston toimesta. On kuitenkin yhä todennäköisempää, että alueen poikkeukselliseksiin kutsuttu yhteistyö saattaa vaikeutua suurvaltakilpailun voimistuessa. USAn, Venäjän ja Kiinan suurvaltaintressit ovat enenevässä määrin ristiriidassa alueella, sekä toisaalta niiden yleisempi strateginen vastakkainasettelu kansainvälisesti voi heijastella alueelle yhä useammin. Näin on käynyt jo jossain määrin Venäjälle Ukrainan kriisin johdosta asetettujen läntisten sanktioiden myötä. Sittemmin läntiset toimijat (Nato, Pohjoismaat) ovat vahvistaneet sotilaallisia kyvykkyksiään sekä aktivoineet harjoitustoimintaansa laajemmin Pohjois-Euroopan puolustamiseksi (ks. Pesu 2017).

Suurvaltdynamiikasta riippumatta tarve navigaatiokyvykkyydelle joka tapauksessa kasvaa jääpeitettään menettävällä ja aktivoituvalla Arktisella alueella. Esimerkiksi lento- ja risteilyliikenne oletettavasti lisääntyvät alueella, mikä korostaa muun muassa sään ja jään muutosta seuraavien satelliittien lisäksi luotettavien avaruuspohjoisten kommunikaatio- ja navigaatiojärjestelmien tärkeyttä polaarialueella niin normaaliolosuhteissa kuin mahdollisissa onnettomuustilanteissa. Turvallista navigaatiota on mahdollista parantaa esimerkiksi lisäämällä sotilallisten GNSS-vastaanottimien käyttöä, ottamalla käyttöön lähempänä avaruudessa sijaitsevia GNSS-toistimia, lisäämällä maanpäällisten majakoiden määrää ja kehittämällä mahdollisia lentäviä järjestelmiä. Tärkeätä on myös ylläpitää ja kehittää Suomen kykyä muodostaa reaaliaikainen avaruuden tilannekuva, jotta voimme muun muassa aukottomasti erottaa avaruussään aiheuttamat luonnolliset häiriöt tahallisuudesta häirinnästä pohjoisilla alueilla. Konkreettisia ratkaisuja löytyy esimerkiksi käynnissä olevasta eurooppalaisesta (ESA) avaruustilannekuvayhteistyöstä.

Kaikki nämä vaihtoehdot korostavat avaruusriippuvuuden merkitystä tulevaisuudessa. Jos Suomella ei ole luotettavaa satelliittinavigaatiomahdollisuutta (tai monia muita avaruuspohjaisia kyvykkyksiä), valtiollinen ja kaupallinen toiminta häiriintyy ja jopa vaarantuu. Esimerkiksi automaattisempaan lento- ja maaliikenteeseen siirtyminen saattaa vaarantua, jos avaruuspoh-

jaisten navigaatiojärjestelmien häiriöherkkyyttä ei saada ratkaistua esimerkiksi eurooppalaisten ratkaisujen avulla (esim. EGNOS-laajennus).² On syytä huomata, että muut laajamittaiset infrastruktuurihankkeet, kuten yhteydet Pohjois-Suomen kautta arktiselle merireitille, vaarantuvat luotettavien navigaatoratkaisujen puuttuessa.

SUOMEN KANSAINVÄLISET AVARUUSKUMPPANUUDET

Erityisesti suurempien valtiotoimijoiden näkökulmasta vallankäyttö on yhä enemmän kilpailua yhteiskäyttöisten toimintaympäristöjen, kuten avaruuden tai kyberavaruuden, ja niiden kautta mahdollistuvien yhteyksien hyödyntämisestä, hallinnasta ja ylipäänsä niille pääsyn turvaamisesta. Pienemmän toimijan, kuten Suomen, näkökulmasta näillä toimintaympäristöillä tapahtuva geostrateginen kilpailu korostaa täten turvallisuusverkostojen ja –kumppanuuksien merkitystä sekä tehokkaan sääntelyn tarvetta.

Suomen resurssit eivät yksistään riitä turvaamaan avaruustoimintaympäristöön liittyviä kansallisia (turvallisuus) intressejä. Keskeistä roolia Suomen kannalta näyttelevät institutionaalinen yhteistyö Euroopan avaruusjärjestön (ESA) puitteissa, yhteistyö Euroopan unionin ja Naton kanssa, sekä bilateraaliset suhteet Pohjoismaiden ja Yhdysvaltojen kanssa. Muutokset avaruustoimintaympäristössä ja kasvanut riski ongelmatilanteille vaativat myös YK:n puitteissa tapahtuvan avaruuden sääntelyn kehittämistä ja olemassa olevan normiston ylläpitämistä. 1960- ja 1970-luvuilla kehitetyt kansainväliset avaruussopimukset³ sisältävät aukkoja eivätkä aina vastaa toimijakentän laadullisiin ja määrällisiin muutoksiin, saati sitten avaruusteknologian muuttuneisiin hyödyntämistarkoituksiin (esim. tehostunut tiedustelu, maalittaminen, vaikuttaminen).

Erityisesti maata kiertävien avaruusesineiden määrä on jatkuvassa kasvussa. Monikansalliset avaruusprojektit luovat haasteensa säännöstölle, joka usein perustuu minimaaliseen sääntelyyn, epätarkkoihin termeihin ja heikkoon valvontaan. Yksityiset toimijat ovat kansainväliselle sääntelylle lähes tuntemattomia, koska normisto luotiin kylmän sodan aikana, jolloin avaruustoiminta kuului valtioiden etuoikeuksiin. Vaikka suurin osa toimijoista seuraa avaruussopimuksia, avaruusteknologian kehitys sekä suurvaltopoliittinen kilpailu ovat myös vaikuttaneet siihen, miten kansainvälistä normistoa noudatetaan. Suurvallat ovat esimerkiksi olleet haluttomia raportoimaan läpinäkyvästi rekisteröintisopimuksen mukaisesti sotilaallisista satelliiteistaan (Jakhu, Jasani & McDowell 2018).

Haasteista huolimatta sääntelyä pyritään kehittämään koko ajan, vaikkakin usein kansainvälisesti sitomattomalta pohjalta. Tästä hyvänä esimerkkinä vuonna 2019 YK:n avaruuden rauhantomaisen käytön –komiteassa (COPUOS) hyväksytty ohjeistus liittyen avaruuden kestävään käyttöön (Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities). Lisäksi useat valtiot, kuten Suomi, kehittävät kansallista lainsäädäntöään aktiivisesti. Valtioiden lisäksi useat valtiot, kuten Suomi, kehittävät kansainvälistä hallintaa ja sääntelyä pitää ylipäänsä päivittää ja kehittää (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space 2017). Avaruusoikeudellinen sääntely on Suomelle yhä tärkeämpää niin avaruusvaltiona kuin maan yleisen turvallisuuden kannalta. Tätä korostaa erityisesti Suomen COPUOS-jäsenyys vuodesta

² Ks. European Global Navigation Satellite Systems Agency (2018).

³ Nämä avaruussopimukset ovat: 1) Avaruusyleissopimus vuodelta 1967; 2) Pelastussopimus vuodelta 1970; 3) Vastuusopimus vuodelta 1972; 4) Rekisteröintisopimus vuodelta 1975; ja 5) Kuusopimus vuodelta 1979. Lisäksi avaruusoikeuteen luetaan useita päätöslauselmia ja muita ei-oikeudellisesti sitovia ohjeistuksia.

2018 sekä kansallisen avaruuslain astuminen voimaan tammikuussa 2018 (Laki avaruustoinnasta 63/2018).

Kansainvälisen monenkeskisen sääntelyn lisäksi Suomen kannalta on keskeistä olla mukana kumppanuuksissa, joissa on jo olemassa olevia hyödyllisiä avaruuskyvykkyyksiä. Esimerkiksi eurooppalaiset Galileo/EGNOS tarjoavat jatkossa useita palveluja sekä siviili- että viranomaiskäyttöön. Mahdollisesti lisääntyvä eurooppalainen strateginen autonomia hyötynee muun muassa autonomisista paikannus-, navigaatio- ja ajanmääritysmahdollisuuksista. Palvelujen hyödyntämisen lisäksi Suomen avaruussektorin kyky olla mukana kansainvälisissä arvoketuissa mahdollisimman korkealla tasolla mahdollistaa myös yhä paremman pääsyn suorituskykyjen kehittämiseen ja tulevaisuuden suunnitteluun. Esimerkiksi Euroopan avaruusjärjestö ESan piirissä on toteutettu tai on edelleen työn alla hankkeita avaruustilannekuvaan liittyen (European Space Agency, n.d. –a), kun taas EUn pysyvän rakenteellisen puolustusyhteistyön puitteissa Suomi osallistuu eurooppalaisen ohjuspuolustusjärjestelmän kehittämiseen TWISTER-hankkeessa (Permanent Structured Cooperation, n.d.). Laajemmin suunnitelma Euroopan unionin avaruushjelmasta (vuosille 2021–2027) sekä avaruushjelmavirastosta (EUSA) oletettavasti edistäisi Suomelle tärkeiden eurooppalaisten avaruuskyvykkyyksien jatkokehittämistä, virtaviivaista hallinnointia ja tarjoaisi myös suomalaisille toimijoille uusia mahdollisuuksia osallistua esimerkiksi kyvykkyyksien kehitystyöhön (European Commission 2018; European Global Navigation Satellite Systems Agency 2019).

Transatlanttinen yhteistyö on myös tärkeää, ja yhdysvaltalaisista avaruuteen liittyvää laajaa ekosysteemiä on syytä pyrkiä hyödyntämään. Euroopan ja Yhdysvaltojen yhteistyö on perinteisesti liittynyt tutkimukseen ja kaupalliseen toimintaan, sekä operatiivisesti esimerkiksi Kansainvälisen avaruusasemaan, avarusteleskooppihankkeisiin sekä satelliittipaikannusjärjestelmien (Galileo, GPS) laajempaan hyödyntämiseen muun muassa pelastustoiminnassa. Kansallisen turvallisuuden puolella yhteistyö on ollut haastavampaa, joskin syyskuun 11. päivän 2001 terrori-iskujen jälkeisten sotilasoperaatioiden myötä transatlanttinen avaruusturvallisuusyhteistyö tiivistyi (Ganote et al. 2019; Caudron 2018). Tällä hetkellä Eurooppa ja Yhdysvallat tekevät yhteistyötä ainakin avaruustieteen, avaruuslentojen, satelliittinavigaation, meteorologian, maapallon seurannan ja avaruustutkimuksen aloilla (European Space Agency, n.d. -b).⁴ Osalla näistä voi nähdä olevan joko suoria tai epäsuoria vaikutuksia kansalliseen turvallisuuteen Atlantin tällä puolen. Toisaalta yksittäisten valtioiden on myös mahdollista edetä kahdenvälisesti. Marraskuussa 2019 Suomen puolustusvoimien allekirjoittama avaruustilannekuvaa koskeva yhteisymmärryspöytäkirja Yhdysvaltojen kanssa liittyy Suomen monien muiden eurooppalaisten valtioiden joukkoon, joilla on samankaltaisia yhteistyö- ja tiedonvaihtojärjestelyjä Washingtonin kanssa muun muassa avaruusromulta suojautumiseksi ja avaruuden yhteentörmäysriskien pienentämiseksi (Suomen ilmavoimat 2019).

Kansallista turvallisuutta edistävät avaruuskyvykkyydet vaativat merkittäviä julkisen puolen ponnisteluja ja investointeja EUn jäsenmailta. Niinpä yhteistyö ja voimavarojen yhdistäminen (eng. pooling and sharing) on nähty yhä tärkeämmäksi. Esimerkiksi Euroopan puolustusvirasto EDAn puitteissa kehitteillä oleva hallitusten välinen satelliittikommunikaatio-ohjelma (GOVSATCOM) pyrkii tuottamaan tulevaisuudessa uuden sukupolven kyvykkyyttä yhteistyössä ESan ja EUn ulkosuhdehallinnon sekä jäsenmaiden kanssa. Pitkälti yhdistämällä ja käyttämällä tehokkaammin olemassa olevia satelliittiresursseja, tarkoituksena on kehittää edullinen ja luotettava kommunikaatioteknologia turvallisuuden kannalta kriittisiin siviili- ja sotilas-kriisinhallintaoperaatioihin (European Defence Agency 2019). Mahdollisten operatiivisten hyö-

⁴ Avaruussiviiliyhteistyötä on pyritty edistämään vuonna 2005 perustetun avaruusdialogin avulla.

tyjen lisäksi Suomen osallistuminen tähän ohjelmaan saattaa luoda myös mahdollisuuksia esimerkiksi teknologiseen tutkimus- ja kehitystyöhön, mikä vahvistaisi kansallista tietotaitoa (ks. Keränen 2018).

Suomelle on keskeistä myös se, että EU-maiden intressit avaruustoimintaympäristön kehittämisessä säilyvät mahdollisimman yhtenäisinä. Samalla on kuitenkin tärkeää, että Suomen oma näkökulma tulee huomioiduksi riittävällä tapaa. Tämä on etenkin siksi, että Suomella on erityisiä intressejä, jotka liittyvät esimerkiksi arktiseen alueeseen sekä aluevalvontaan. Lisäksi EU:n kehittyvät avaruuskyvykkyydet liittyvät yleisempiin eurooppalaisiin intresseihin, joiden määrittelyssä Suomella ei välttämättä ole yhtä keskeistä roolia kuin eurooppalaisilla suurvalloilla. Iso-Britannian päätös erota Euroopan unionista korostaa intressihajanaisuuden lisääntyvää mahdollisuutta. Ison-Britannian kaltaisten suurien ja samalla kyvykkäiden toimijoiden kanssa on kuitenkin hyvä löytää muita toimivia ja kestäviä ratkaisuja, kun maan EU-ero näyttää nyt toteutuvan. Iso-Britannian pitäminen mukana eurooppalaisessa turvallisuusyhteistyössä voisi olla hyödyllistä myös Suomen avaruuskyvykkyyksien näkökulmasta.

Huoltovarmuuskäsitelmä on aina tärkeä Suomen kannalta. Maan sijainti Euroopan geopolitisesti altistuneessa pohjoisessa korostaa huoltovarmuustekijöitä. Suomi ei kykene turvaamaan avaruustoimintojensa (ja edelleen näihin pohjautuvien tai niitä hyödyntävien yhteiskunnan erinäisten toimintojen) jatkuvuutta puhtaasti kansallisin toimin ja resurssein, vaan siihen tarvitaan merkittävilta osin kansainvälisiä yhteyksiä sekä kansainvälistä yhteistyötä yksityisten ja julkisten toimijoiden kanssa. Esimerkiksi on tunnistettava ja osallistuttava relevantteihin kansainvälisiin yhteistyöfoorumeihin, tutkimusohjelmiin ja teollisen/kaupallisen yhteistyön muotoihin. Eurooppalainen avaruusekosysteemi perustuu valtiollisesti ylläpidettyihin markkinoihin. Vaikka Yhdysvalloissa on edelleen vahvoja julkisia avaruusalan toimijoita (mm. NASA, asevoimat), maan toimintaperiaate on enemmän markkinaehtoinen. Suomen rooli näissä kahdessa järjestelmässä on erilainen, mutta yhteyksien ja osaamispääoman hankkiminen kummallakin on kyvykkyyksien ja niiden huoltovarmuuden kannalta keskeistä. Arvoketjuissa mahdollisimman korkean aseman saavuttaminen ei ainoastaan vahvistaisi Suomen avaruussuorituskykyjen huoltovarmuutta, mutta saattaisi parhaimmillaan myös vahvistaa (ainakin joidenkin) ulkoisten toimijoiden suhdetta ja sitoutumista suomalaisiin alan osaajiin ja osaamiseen. Avaruusteknologia liittyy myös laajempiin turvallisuus- ja puolustussektoreiden hankintoihin. Esimerkiksi HX-hävittäjähankeessa on avaruuteen liittyvä kytkös, koska moderniin ilmapuolustukseen liittyvät erilaiset järjestelmät tuottavat tarpeen päästä mukaan laajempiin ekosysteemeihin ja niihin liittyviin avaruusohjelmiin.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Avaruus on yhä keskeisempi osa modernien, verkostoituneiden yhteiskuntien jokapäiväisiä sekä kriittisiä toimintoja. Avaruuden käyttö lisääntyy satelliittien laukaisukustannusten laskun ja satelliittiteknologian kehittymisen myötä. Samalla kuitenkin avaruus toimintaympäristönä ruuhkautuu ja on yhä kilpaillumpi. Keskeisiä haasteita ovat täten erinäisiä avaruusesineitä uhkaava avaruusromun lisääntyminen sekä toisaalta strategisempi huoli avaruuden geopolitisoitumisesta ja militarisoitumisesta osana kiihtyvää suurvaltakilpailua. Lisäksi avaruutta ei voi tarkastella viime kädessä erillisenä toimintaympäristönä, vaan on huomattava siellä tapahtuvien tai sinne suuntautuvien toimien riippuvuudet kyvykkyyksistä ja toimista muilla ympäristöillä. Tämä niin sanottu interdomain-näkökulma korostuu esimerkiksi kyberaseiden käytössä avaruuspohjaisten järjestelmien häiritsemiseksi.

Erityisesti Suomen avaruusturvallisuuden näkökulmasta nousee esiin seuraavat kolme huomiota: (1) Arktinen alue on enenevässä määrin altis suurvaltakilpailulle. Tämä painotus säteilee

myös kilpailuun avaruustoimintaympäristössä juuri Arktikseen liittyvissä kysymyksissä. Toisaalta alueen teollinen ja logistinen kehittyminen lisää painetta tuottaa kestäviä ja häiriöttömiä logistisia ratkaisuja ja näitä tukevia avaruus pohjaisia järjestelmiä (esim. navigaatio, telekommunikaatio sekä ilmaston, sään ja jääpeitteen muutosten seuranta). (2) Aluevalvontaan tarjoutuu uusia mahdollisuuksia sekä haasteita. Muiden kyky saada tilannekuvaa esimerkiksi Suomen haavoittuvuuksista tai maalitettavista kohteista paranee. Toisaalta yhteistyössä kehitetyt ratkaisut tarjoavat Suomelle aluevalvonnan kannalta häiriöttömämpiä ratkaisuja. Avaruuden osalta tilannekuvan saaminen ja etenkin haitallisen toiminnan havaitseminen on entistä hankalampaa. Avaruuden aseistaminen ja uusien valvonta- ja vakoiluteknologioiden kehitys etenevät tavalla, joka tuottaa selkeitä haasteita Suomelle. (3) Kansallinen huoltovarmuus pohjautuu yhä enemmän ylikansallisiin yhteyksiin, verkostoihin ja yhteistyön muotoihin. Niinpä Suomen kyky päästä osalliseksi ja tuottaa lisäarvoa relevanteille avaruus(turvallisuus)markkinoille on keskeistä. Avaruustoiminnan ja -kyvykkyyksien jatkuvuuden turvaamista tukee osallistuminen keskeisiin eurooppalaisiin ja transatlanttisiin hankkeisiin mahdollisimman korkealla arvo- ketjussa. Eurooppalaisten markkinoiden kehittyminen olisi tärkeää. Vaarana on, että Eurooppa jää Yhdysvaltojen, Venäjän ja Kiinan jalkoihin kyvykkyyksien kehittämisessä.

Viitteet

- Adomaitis, Nerijus (2019) "Norway says it proved Russian GPS interference during NATO exercises." *Arctic Today*, 19.3.2019. https://www.arctictoday.com/norway-says-it-proved-russian-gps-interference-during-nato-exercises/?wallit_nosession=1. Viitattu: 20.11.2019.
- Amos, Jonathan (2019) "Iceye satellites return super-sharp radar images." *BBC News*, 9.8.2019. <https://www.bbc.com/news/science-environment-49253951>. Viitattu: 20.11.2019.
- Avaruusyleissopimus 57/1967, 27.10.1967. <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sops-teksti/1967/19670057#idp447181856>. Viitattu: 20.11.2019.
- Business Finland (n.d.) "New Space Economy: Suomalainen osaaminen maailmankartalle." <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/ohjelmat/new-space-economy/>. Viitattu: 20.11.2019.
- Caudron, Martin (2018) "Space: A New Frontier for the EU-U.S. Partnership." *Medium*, 23.1.2018. <https://medium.com/euintheus/space-a-new-frontier-for-the-eu-u-s-partnership-5f96849a6716>. Viitattu: 13.12.2019.
- Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS), Report of the Legal Subcommittee on Its Fifty-Sixth Session, UN Doc. A/AC.105/1122, 18.4.2017. https://www.unoosa.org/oosa/oo-sadoc/data/documents/2017/aac.105/aac.1051122_0.html. Viitattu: 20.11.2019.
- European Commission (2018) "Questions and Answers on the new EU Space Programme." 6.6.2018. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_4023. Viitattu: 13.12.2019.
- European Defence Agency (2019) "Governmental Satellite Communications (GovSatcom)." 30.9.2019. [https://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/governmental-satellite-communications-\(govsatcom\)](https://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/governmental-satellite-communications-(govsatcom)). Viitattu: 22.11.2019.
- European Global Navigation Satellite Systems Agency (2018) "What is EGNOS." 19.6.2018. <https://www.gsa.europa.eu/egnos/what-egnos>. Viitattu: 20.11.2019.
- European Global Navigation Satellite Systems Agency (2019) "EP endorses provisional agreement on EU Space Programme." 18.4.2019. <https://www.gsa.europa.eu/newsroom/news/ep-endorses-provisional-agreement-eu-space-programme>. Viitattu: 13.12.2019.
- European Space Agency (n.d. -a) "SSA Programme overview." https://www.esa.int/Safety_Security/SSA_Programme_overview. Viitattu: 22.11.2019.
- European Space Agency (n.d. -b) "Cooperation with the United States." http://www.esa.int/About_Us/Washington_Office/Cooperation_with_the_United_States. Viitattu: 13.12.2019.
- European Union Satellite Centre (2019) "SSA." <https://www.satcen.europa.eu/services/ssa>. Viitattu: 20.11.2019.
- Ganote Stephen et al. (2019) "Reenergizing Transatlantic Space Cooperation: Opportunities in Security and Beyond." *Atlantic Council*, September 2019. <https://atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2019/09/Transatlantic-Space-Cooperation-Report-REDO-FIN-web-092419.pdf>. Viitattu: 13.12.2019.
- Gettleman, Jeffrey ja Hari Kumar (2019) "India Shot Down a Satellite, Modi Says, Shifting Balance of Power in Asia." *The New York Times*, 27.3.2019. <https://www.nytimes.com/2019/03/27/world/asia/india-weather-satellite-missile.html>. Viitattu: 20.11.2019.
- Grego, Laura (2019) "Why we need to avoid more anti-satellite tests." *Spacenews*, 16.4.2019. <https://spacenews.com/why-we-need-to-avoid-more-anti-satellite-tests/>. Viitattu: 20.11.2019.

- Jakhu, Ram S., Bhupendra Jasani ja Jonathan C. McDowell (2018) "Critical issues related to registration of space objects and transparency of space activities". *Acta Astronautica*, 143: 406–420.
- Keränen, Matti (2018) "EU korottaa avaruuspanoksiaan seuraavan 10 vuoden aikana – Kykeneekö Suomi saamaan tarjolla olevat hyödyt?" *Tekniikka & talous*, 22.11.2018. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/eu-korottaa-avaruuspanoksiaan-seuraavan-10-vuoden-aikana-kykeneeko-suomi-saamaan-tarjolla-olevat-hyodyt/8fc67b41-811e-3894-9dd9-a35ced63bd3>. Viitattu: 29.11.2019.
- Kurt, Joseph (2015) "Triumph of the Space Commons: Addressing the Impending Space Debris Crisis Without an International Treaty." *William & Mary Environmental Law and Policy Review*, 40 (1): 305–334.
- Laki avaruustoiminnasta 63/2018, 12.1.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180063>. Viitattu: 20.11.2019.
- Leisti, Tapani (2018) "GPS-häirintä ulottui Lappiin Naton sotaharjoituksen aikana – häirinnästä on epäilty Venäjää." *YLE*, 9.11.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10498891>. Viitattu: 20.11.2019.
- Mikkola, Harri (2019) "The geostrategic arctic: Hard security in the high north." *FIIA Briefing paper* 259, April 2019. The Finnish Institute of International Affairs. <https://www.fiia.fi/julkaisu/the-geostrategic-arctic>. Viitattu: 17.12.2019.
- Permanent Structured Cooperation (n.d.) "Timely Warning and Interception with Space-based Theatre Surveillance (TWISTER)." <https://pesco.europa.eu/project/timely-warning-and-interception-with-space-based-theater-surveillance-twister/>. Viitattu: 22.11.2019.
- Pesu, Matti (2017) "What non-alignment? Finland's security and defence policy stems from partnerships." *FIIA Briefing Paper* 227, November 2017. The Finnish Institute of International Affairs. <https://www.fiia.fi/julkaisu/finlands-security-and-defence-policy-stems-from-partnerships>. Viitattu: 13.12.2019.
- Salinas, Erin (2018) "Space Situational Awareness is Space Battle Management." *US Air Force Space Command*, 16.5.2018. <https://www.afspc.af.mil/News/Article-Display/Article/1523196/space-situational-awareness-is-space-battle-management/>. Viitattu: 20.11.2019.
- Space Finland (n.d.) "Suomi avaruudessa." <https://spacefinland.fi/suomi-avaruudessa/>. Viitattu: 20.11.2019.
- Staalesen, Atle (2019) "Russia says its radio-electronic shield now covers the Arctic." *The Barents Observer*, 21.5.2019. <https://thebarentsobserver.com/en/arctic-security/2019/05/russia-says-its-radio-electronic-shield-now-covers-arctic>. Viitattu: 20.11.2019.
- Staalesen, Atle (2015) "Arctic satellite system halted by sanctions." *The Barents Observer*, 3.11.2015. <https://thebarentsobserver.com/en/arctic/2015/11/arctic-satellite-system-halted-sanctions>. Viitattu: 20.11.2019.
- Suomen Ilmavoimat (2019) "Ilmavoimien komentaja allekirjoittaa avaruustilannekuvayhteistyötä koskevan yhteisymmärryspöytäkirjan." 4.11.2019. https://ilmavoimat.fi/artikkeli/-/asset_publisher/ilmavoimien-komentaja-allekirjoittaa-suomen-ja-yhdysvaltain-valisen-avaruustilannekuvayhteistyota-koskevan-yhteisymmarryspoytakirjan. Viitattu: 20.11.2019.
- The Economist (2019) "Attacking satellites is increasingly attractive—and dangerous." 18.7.2019. <https://www.economist.com/briefing/2019/07/18/attacking-satellites-is-increasingly-attractive-and-dangerous>. Viitattu: 20.11.2019.
- Tucker, Patrick (2019) "China, Russia Building Attack Satellites and Space Lasers: Pentagon Report." *Defenseone.com*, 12.2.2019. <https://www.defenseone.com/technology/2019/02/china-russia-building-attack-satellites-and-space-lasers-pentagon-report/154819/>. Viitattu: 20.11.2019.
- Tucker, Patrick (2018) "Russia Claims It Now Has Lasers To Shoot Satellites." *Defenseone.com*, 26.2.2018. <https://www.defenseone.com/technology/2018/02/russia-claims-it-now-has-lasers-shoot-satellites/146243/?oref=d1-related-article>. Viitattu: 20.11.2019.
- Virtanen, Jarno (2018) "Ulkoministeriö: GPS-häirintä tuli Venäjän alueelta." *YLE*, 15.11.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10510780>. Viitattu: 20.11.2019.
- Witze, Alexandra (2018) "The quest to conquer Earth's space junk problem." *Nature*, News feature, 5.9.2018. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06170-1>. Viitattu: 20.11.2019.

Lisätietoja:

Johtaja Mika Aaltola, Ulkopoliittinen instituutti

Mika Aaltola työskentelee Ulkopoliittisen instituutin johtajana ja Ulkopoliitikka-lehden vastavastavana päätoimittajana. Aaltola on kansainvälisten suhteiden ja turvallisuuspolitiikan asiantuntija. Hänen tutkimuksensa käsittelevät muun muassa suurvaltoja, globaalihallinnan järjestelmiä, kyberturvallisuutta ja Yhdysvaltojen sisä- ja ulkopoliitikkaa.

Lisätietoja: p. 09 432 7701, mika.aaltola@fiia.fi

Vanhempi tutkija Katja Creutz, Ulkopoliittinen instituutti

Katja Creutz työskentelee vanhempana tutkijana Globaali turvallisuus –tutkimusohjelmassa. Hänen tutkimuksensa keskittyy kansainväliseen oikeuteen ja erityisesti vastuukysymyksiin, ihmisoikeuksiin ja globaalihallintaan.

Lisätietoja: p. 09 432 7781, katja.creutz@fiia.fi

AVAUS – Avaruuden uuden toimintaympäristön turvallisuus- ulottuvuudet ja liiketoiminta -hanke toteutetaan osana valtio- neuvoston vuoden 2019 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa.

Hankkeen päätoteuttaja: Ilmatieteen laitos

Hankkeen johtaja: Yksikön päällikkö Ari-Matti Harri, Ilmatieteen laitos, ari-matti.harri@fmi.fi

Hankkeen osatoteuttajat: Demos Helsinki, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Ulkopoliittinen instituutti, Isaware Oy, Reaktor Oy

Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtaja: Professori Pekka Appelqvist, Puolustusministeriö, pekka.appelqvist@defmin.fi



DEMOS
HELSINKI

VTT

FIIA
ULKOPOLIITTINEN
INSTITUUTTI
UTRIKESPOLITISKA
INSTITUTET

isaware

Reaktor

VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA
www.tietokayttoon.fi