POLICY **BRIEF** 2022:7

Näkökulmia ajankohtaisiin yhteiskunnallisiin kysymyksiin ja poliittisen päätöksenteon tueksi.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden X selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (**tietokayttoon.fi**).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Avaruustoiminnan yhteiskunnallinen vaikuttavuus

Kalle A. Piirainen, Katri Haila, Vesa Salminen, Kimmo Halme, Helka Lamminkoski (4FRONT Oy)

Tuomas Häme, Marko Höyhtyä, Eelis Halme (VTT Oy)

LUONNOS

Avaruustoimintaa hyödynnetään laajasti yhteiskunnassa

Avaruustoimintaa ja sen tuottamaa tietoa hyödynnetään laajasti hallinnonalojen päätöksenteossa, hallitusohjelman ja muiden yhteiskunnallisten tavoitteiden toteuttamisessa sekä viranomaistoiminnassa. Satelliittipaikannuksella ja -aikasignaalilla, satelliittikaukokartoituksella ja satelliittitietoliikenteellä on merkittäviä sovelluksia viranomaistoiminnassa, esim. pelastustoimessa, ympäristövalvonnassa ja turvallisuusviranomaisten toiminnassa. Myös teollisuudessa ja liike-elämässä tietoliikenne- ja energiaverkot, kaupankäynti, kuljetukset ja palvelut ovat riippuvaisia avaruustoiminnasta. Avaruustoiminnan tuottama tieto ja palvelut ovat nyky-yhteiskunnan infrastruktuurin ja toiminnan kriittisiä osia.

Avaruustoiminta on tuonut merkittäviä parannuksia yhteiskunnan toimintaan - ja on tullut jäädäkseen

Avaruustoiminnalla edistetään monien arkisten toimintojen sujuvuutta. Satelliittipaikannus on monelle arkipäiväistynyt karttapalvelujen osana. Merkittävä osa kansainvälisestä tietoliikenteestä kulkee satelliittien kautta. Satelliittikuvia ja -mittaustietoa käytetään sääennusteissa ja ilmakehän tutkimuksessa, metsien arvioinnissa, talvimerenkulun tukena, veden laadun arvioinnissa ja lumipeitteen seurannassa sekä maanviljelyn valvonnassa. Avaruusteknologiaa on myös kuluttajatuotteissa - esimerkiksi monet urheilutekstiileissä käytetyt vaatemateriaalit on kehitetty aikoinaan avaruuspukuihin.

Avaruustoiminta kasvaa voimakkaasti. Viimeisten vuosien kaupallisen avaruustoiminnan liikevaihdon arviot (2019–2021) vaihtelevat välillä n. 360 ja 450 mrd. Yhdysvaltain dollaria globaalisti[1] ja odotuksena on että, ensi vuosikymmenellä volyymi n. 2–3 kertaistuu ja rikkoo triljoonan rajan[2].

AVARTAVA-selvityksen tavoitteet

Avaruustoiminnan yhteiskunnalliset vaikutukset (AVARTAVA) -hanke tuotti tietoa avaruustoiminnan hyödyntämisen nykytilasta, tulevaisuuden mahdollisuuksista sekä pullonkauloista erityisesti Suomessa. Selvityksessä vastattiin seuraaviin kysymyksiin:

- Miten hyvin Suomessa jo hyödynnetään avaruustoiminnan mahdollisuuksia hallitusohjelman tavoitteiden ja muiden yhteiskunnallisten tavoitteiden toteuttamisessa sekä eri hallinnonalojen päätöksenteossa?

LUONNOS

[1] Ks esim. Space Foundation, The Space Report 2021 Q2, Q4; Weinzierl & Sarang, 2021 ”The Commercial Space Age is Here, Harvard Business Review; OECD 2019, The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy; Morgan-Stanley, ” The Space Economy's Next Giant Leap” Saatavilla: https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy

[2] Morgan-Stanley, ” The Space Economy's Next Giant Leap” Saatavilla: https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy

- Millä aloilla Suomessa toiminnan, tutkimuksen, seurannan ja suunnittelun tarkkuutta, tehokkuutta ja reaaliaikaisuutta on pystytty parantamaan avaruustoiminnan avulla?
- Millä aloilla mahdollisuuksiin ei ole vielä tartuttu ja mitkä tekijät, pullonkaulat, mahdollisesti estävät avaruusratkaisujen hyödyntämisen tai hidastavat niiden käyttöönottoa?
- Mitä vaikutuksia avaruustoiminnan häiriöillä voisi olla yhteiskunnan eri toimintojen sujuvuudelle?
- Miten Suomen pitäisi tulevaisuudessa asemoitua eurooppalaisessa yhteistyössä (Euroopan avaruusjärjestö, Euroopan Unioni, muu eurooppalainen yhteistyö) saadakseen parhaan hyödyn avaruustoiminnasta?

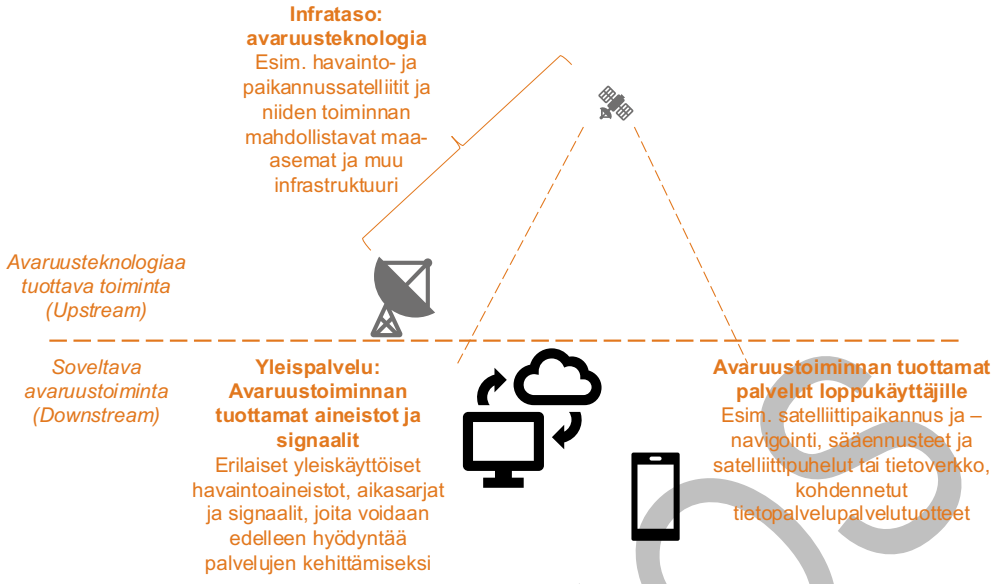
Selvitys toteutettiin maaliskuusta 2021 maaliskuuhun 2022. Hankkeen toteuttivat 4FRONT Oy ja VTT Oy. Selvitystehtävän mukaisesti hankkeen analyysit ovat keskittyneet hahmottamaan niitä vaikuttavuuspolkuja, joita pitkin avaruustoiminnan vaikutukset ja hyödyt realisoituvat. Analyysi keskittyi erityisesti hallitusohjelmassa esitettyihin tavoitteisiin ja niiden toteutumiseen.

Mitä avaruustoiminta on?

Selvityksessä hyödynnettiin OECD:n määritelmää, jossa avaruustoiminta avaruusteknologiaa tuottavaan toimintaan (*upstream*), soveltavaan avaruustoimintaan (*downstream*), ja avaruusjohdannaiseen (space-derived) toimintaan. Tässä selvityksessä keskityttiin erityisesti näistä kahteen ensimmäiseen.

Yksinkertaistettuna satelliittien toiminta tuottaa erilaisia havaintoaineistoja ja signaaleja, jotka otetaan vastaan maa-asemilla ja tallennetaan hyödynnettäväksi. Varsinaiset loppukäyttäjälle näkyvät palvelut ja niitä käyttävät tuotteet hyödyntävät näitä aineistoja ja signaaleja, ”välituotteita”, jossakin jalostetussa muodossa, esimerkiksi karttasovelluksina, säätiedotuksissa ja satelliittipuheluissa, tai erilaisina tietopalveluina. (vrt. seuraava kuva)

LUONNOS



Tulokset ja johtopäätökset

Avaruustoimintaa hyödynnetään laajasti eri hallinnonalojen päätöksenteossa

Avaruustoimintaa hyödynnetään laajasti, vaikka avaruustoiminnan roolia aina ei välttämättä tiedosteta. Avaruustoiminnalla ja sen tuottamilla palveluilla tai sovelluksilla on erilaisia rooleja päätöksenteossa hallinnonalasta, toiminnosta tai sovelluksesta riippuen (vrt. taulukko alla).

Avaruustoimintaa hyödynnetään erittäin laajasti, vaikka avaruustoiminnan roolia ei aina välttämättä tiedosteta.

Avaruustoimintaa hyödynnetään laajasti eri hallinnonalojen päätöksenteossa sekä hallitusohjelman ja muiden yhteiskunnallisten tavoitteiden toteuttamisessa. Käytössä on useita avaruustoiminnan sovelluksia, joista useat ovat pitkälle kehittyneitä. Lisäksi uusia sovelluksia on jatkuvasti kehitteillä. Avaruustoiminnalla ja sen tuottamilla palveluilla tai sovelluksilla on erilaisia rooleja päätöksenteossa hallinnonalasta, toiminnosta tai sovelluksesta riippuen:

- • *Avaruustoiminta tuottaa tietoa, joka informoi korkean tason politiikkaa*: satelliittikuvien ja muun sensoriaineiston yhdistäminen maanpäällisiin

LUONNOS

mittauksiin mahdollistaa ympäristön tilan tutkimuksen, seurannan ja valvonnan entistä laajemmin ja tarkemmin, ja tätä tietoa käytetään laajasti hyväksi kansallisessa ja kansainvälisessä ympäristöpolitiikan päätöksenteossa

- • *Avaruustoiminta on osa viranomaistyötä kuten esimerkiksi maa- ja metsätalouden luonnonvarojen inventointi sekä valvonta, liikennejärjestelmän suunnittelu sekä optimointi:* Maa- ja metsätalouden valvonnassa ja luonnonvarojen arvioinnissa voidaan hyödyntää kaukokartoituksen tuottamia kattavia, vertailukelpoisia ja laadukkaita aikasarjoja, ja näiden avulla pystytään luomaan aikaisempaa kattava kuva metsien ja viljellyn alan tilanteesta, sadosta. Liikennejärjestelmän ja korjaustoimenpiteiden suunnittelu perustuu paikkatietoon.
- • *Avaruustoiminta on osa käytännön operatiivista toimintaa:* pelastus- ja turvallisuusviranomaisten tilannetieto sekä tehtävien ohjaus, lennonjohto, meriliikenteen ohjaus ovat riippuvaisia satelliittipaikannuksesta Lisäksi hallinnon käytännön toiminnassa hyödynnetään reittinavigointia ja sekä satelliittitiedonsiirtoa lukemattomissa käytännön sovelluksissa.

Avaruustoiminta parantaa tehokkuutta ja tuottavuutta tarjoamalla ratkaisuja entistä tarkempaan ja reaaliaikaisempaan suunnitteluun, ohjaukseen ja toteutukseen. Avaruustoiminnan soveltaminen tehostaa viranomaistoimintaa, infrastruktuurien käyttöä ja teollista toimintaa ja laajentaa palveluvalikoimaa esimerkiksi seuraavasti:

- *Maa- ja metsätalous*: kaukokartoitus mahdollistaa luonnonvarojen inventoinnin, metsän ja viljakasvien kasvun seurannan ja kasvinhoidollisten toimenpiteiden paremman suunnittelun.
- *Energia ja teollisuus*: aikasignaali mahdollistaa verkkojen ja prosessitapahtumien tahdistuksen, kuten esimerkiksi paikallisen tai talouskohtaisen uusiutuvan energiantuotannon ja siirron
- *Liikenne*: meri- ja lentoliikenteen ohjaus ja reititys, liikenteen ja logistiikan reittinavigointi parantavat liikenteen sujuvuutta, turvallisuutta ja tehokkuutta
- *Kauppa ja rahoitus*: aikasignaali mahdollistaa tapahtumien ja sähköisten sopimusten leimaamisen, kaukokartoitusteknologiat mahdollistavat vakuutustoiminnassa vahinkojen arvioinnin entistä kattavammin
- *Palvelut*: erilaisten liikkuvuus- ja lähettipalveluiden liiketoimintamalli ja hinnoittelu perustuu sijainti- ja paikkatietoon sekä reittinavigointiin.

LUONNOS

Laajempaa hyödyntämistä hidastavat resurssien puute ja teknologian mahdollisuuksien puutteellinen tunteminen

Avaruustoimintaa voitaisiin hyödyntää entistä laajemmin eri hallinnonaloilla. Avaruustoiminnan laajemman hyödyntämisen esteet ovat myös paljon rakenteellisia. Yleisiä haasteita ovat hallinnon ja yritystoiminnan suhteellisen pieni yksikkökoko, joiden voimavarat kehittämiseen ovat pienehköt avaruustoiminnan teknologia-, osaamis- ja pääomaintensiivisyyteen nähden. Avaruusteknologiaan perustuvien sekä näitä hyödyntävien uusien palveluiden ja sovellusten kehittäminen vaatii monitieteellistä/-teknistä osaamista sekä resursseja. Lisäksi soveltava avaruustoiminta ja sen hyödyntäminen liittyy konkreettisesti usein organisaation prosessien ja toimintamallien kehittämiseen ja automatisaatioon, ja monet avaruustoiminnan hyödyt näkyvät ensi sijassa tehokkuus- ja skaalaetuina.

Avaruustoiminnan häiriöillä voisi olla vakavia seurauksia yhteiskunnan eri toiminnoille

Avaruustoiminnan häiriöt voivat johtua esimerkiksi auringon aktiivisuudesta johtuvasta avaruussäästä, tai avaruusesineiden ja maanpäällisen infrastruktuurin vikaantumisesta. Lisäksi avaruustoimintaa ja erityisesti radiotaajuisia yhteyksiä kiertoradalle voidaan häiritä. Häiriöt voivat olla lyhytaikaisia ja paikallisia, tai pitkäaikaisia ja laajoja.

Häiriöillä voi olla mittavia ja vakavia vaikutuksia yhteiskuntaan. Satelliittipaikannuksen ja sen tuottaman aikasignaalin häiriöt voivat vaikuttaa nopeasti erityisesti lento- ja meriliikenteen toimintaan ja siten myös toimitus- ja huoltovarmuuteen. Myös pelastus- ja turvallisuusviranomaisten toiminta riippuu olennaisesti satelliittipaikannuksesta. Samoin energiaverkkojen tehokas ja vakaa toiminta ja virheiden korjaus, sähköinen kauppa sekä pankki- ja sijoitustoiminta ovat riippuvaisia satelliittien tuottamasta aikasignaalista.

LUONNOS

Toimenpide-ehdotukset

Kokonaisuutena Suomessa hyödynnetään jo laajasti avaruustoimintaa. Suosituksissa on yhteisenä teemana, miten avaruustoiminnasta saadaan entistä enemmän ja laajempia hyötyjä hallinnossa ja elinkeinoelämässä.

Suositus 1: Avaruustoiminnan tuntemusta ja sen merkityksen ymmärrystä tulee vahvistaa hallinnonaloilla

Avaruustoimintaa tunnetaan ja sen merkitys ymmärretään suhteellisen heikosti siihen nähden, miten kriittisiä sen tuottamat palvelut ovat yhteiskunnan toiminnalle. Tietoisuutta avaruustoiminnan mahdollisuuksista tulisi nostaa esille sääntelyssä sekä hallinnonalojen strategioissa ja toimenpideohjelmissa.

Suositus 2: Avaruustoiminnan strategisuutta tulee vahvistaa

Avaruusstrategian sisällöt sinällään ovat relevantteja ohjaamaan avaruustoiminnan kehitystä. Sen vauhdittamiseksi tavoitteet tulisi konkretisoida ja niiden toteuttamiseen tarvitaan hallinnonaloilla toimenpide- ja investointiohjelmat.

Suositus 3: Avaruustoiminnan kehittämisessä tulee tunnistaa Suomelle tärkeimmät teknologiat ja sovellusalueet

Avaruustoiminnan sisällöllisiä painotuksia tulee tarkastella yhdessä strategisuuden kehittämisen kanssa, niin että panoksia voidaan kohdentaa alueille missä niillä on eniten vaikutusta (vrt. Suositus 2).

Suositus 4: Eurooppalaisten avaruusohjelmien tehokkaampi hyödyntäminen edellyttää nykyistä vahvempaa koordinaatiota ja järjestelmällisempää lähestymistapaa

Eurooppalaisten ohjelmien täysipainoinen hyödyntäminen edellyttää ennakoivaa asemoitumista eurooppalaisiin painopisteisiin ja ohjelmiin ja kansallisia kehittämistoimia, joilla varmistetaan suomalaisten toimijoiden kyky osallistua ohjelmiin. (vrt. suositukset 2 ja 3)

Suositus 5: Valtioneuvoston ja ministeriöiden tulee hyödyntää julkisten hankintojen mahdollisuuksia aktiivisemmin avaruustoiminnan kehittämiseen

Julkiset hankinnat ovat mahdollisuus kehittää avaruustoimintaa ja sen sovelluksia. Hankintoja valmistellessa tulee varmistua, että hallinnossa on osaaminen ja resurssit, joilla voidaan varmistaa onnistunut ratkaisujen kehittäminen ja vaikuttava käyttöönotto sekä tavoiteltujen hyötyjen toteutuminen.

Lisätietoja:

Dosentti Kalle A. Piirainen toimii asiantuntijana 4FRONT Oy:ssä, tutkimus, kehittämis-, ja innovaatiopolitiikan arviointi- ja neuvonantotoimeksiannoissa.
Lisätietoja: **www.4front.fi/**

Professori Tuomas Häme toimii VTT:ssa tutkimusjohdossa. Hänen erikoistumisensa on kaukokartoituksen sovellukset erityisesti metsätalouteen sekä luonnonvarojen ja ympäristön tilan tutkimukseen, arviointiin ja seurantaan.
Lisätietoja: **www.vtt.fi**

Avaruustoiminnan yhteiskunnallinen vaikuttavuus (AVARTAVA) on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2021 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa.

Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtaja:
Teollisuusneuvos Maija Lönnqvist
Työ- ja elinkeinoministeriö, maija.lonnqvist@gov.fi

LUONNOS

4FRONT VTT

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta
Statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet

POLICY **BRIEF** on valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja, joka esittelee näkökulmia ajankohtaisiin yhteiskunnallisiin kysymyksiin ja poliittisen päätöksenteon tueksi. Artikkelit julkaistaan verkkosivuilla **tietokayttoon.fi**.
© Valtioneuvoston kanslia