

## POLICY BRIEF 2022:10

Näkökulmia ajankohtaisiin yhteiskunnallisiin kysymyksiin ja poliittisen päätöksenteon tueksi.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2021 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa ([tietokayttoon.fi](https://tietokayttoon.fi)).

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

# Avaruus arjessamme – Avaruustoiminnan yhteiskunnallinen vaikuttavuus

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

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

### **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 tuo merkittäviä parannuksia yhteiskunnan toimintaan

Avaruustoiminnalla edistetään monien arkisten toimintojen sujuvuutta. Satelliittipainaminen on monelle arkipäiväistänyt 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 urheiluteksteileissä käytetyt vaatamateriaalit on kehitetty aikoinaan avaruuspukkuihin.

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

## AVARTAVA-selvityksen tavoitteet

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

- Miten hyvin Suomessa jo hyödynnetään avaruustoiminnan mahdollisuuksia hallitusohjelman tavoitteiden ja muiden yhteiskunnallisten tavoitteiden toteuttamisessa sekä eri hallinnonalojen päätöksenteossa?
- Millä aloilla Suomessa toiminnan, tutkimuksen, seurannan ja suunnittelun tarkkuutta, tehokkuutta ja reaaliaikaisuutta on pystytty parantamaan avaruustoiminnan avulla?

---

<sup>1</sup> 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>

<sup>2</sup> Morgan-Stanley, " The Space Economy's Next Giant Leap" Saatavilla: <https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy>

- 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<sup>3</sup>, jossa avaruustoiminta avaruusteknologiaa tuottavaan toimintaan (*upstream*), soveltavaan avaruustoimintaan (*downstream*), ja avaruusjohdannaiseen (space-derived) toimintaan. Tässä selvityksessä keskityttiin erityisesti näistä kahteen ensimmäiseen.

Yksinkertaistettuna satelliitit tuottavat 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, sää tiedotuksissa ja satelliittipuheluissa, tai erilaisina tietopalveluina. (vrt. seuraava kuva)

---

<sup>3</sup> OECD 2012, The OECD Handbook on Measuring the Space Economy, OECD, Paris



## Tulokset ja johtopäätökset

### Avaruustoimintaa hyödynnetään laajasti eri hallinnonalojen päätöksenteossa

Avaruustoiminnalla ja sen tuottamilla palveluilla tai sovelluksilla on erilaisia rooleja päätöksenteossa hallinnonalasta, toiminnosta tai sovelluksesta riippuen (vrt. tiivistelmä tapaustutkimuksista alla olevassa taulukossa). Myös hallitusohjelman toimeenpano hyötyy monelta osin avaruustoiminnasta. Avaruustoiminnan roolia ei kuitenkaan välttämättä aina tiedosteta.

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

Tapausesimerkin nimi	Miten avaruustoimintaa sovelletaan tapauksessa	Mikä on avaruustoiminnan lisäarvo	Mikä on avaruustoiminnan vaikutus?
Satelliittipaikannuksen hyödyntäminen liikenne-sektorilla	Liikennejärjestelmän, -automaation ja liikkuvuuspalveluiden (MaaS-palvelut) ja niiden edellytysten kehittäminen	Liikennejärjestelmien ja niiden automatisaation kehittäminen parantaa liikenteen tehokkuutta, ennustettavuutta, taloudellisuutta, ja turvallisuutta, sekä näin kokonaisuutena parantaa myös kestävyyttä.	Ilman jo käytössä olevaa paikkatietoa ja muuta avaruustoimintaa olemassa oleva liikennejärjestelmä todennäköisesti heikkenisi; matka-ajat ja toimitusvarmuus heikkenisi, ruuhkat lisääntyisivät jne. Avaruustoiminnan nettovaikutus näkyy laajana tuottavuuden parantumisena.
Paikannusjärjestelmien tuottaman tarkan aika-signaalin hyödyntäminen	Paikannusjärjestelmien tuottamaa tarkkaa aika-signaalia käytetään kaikkialla finanssimarkkinoilla, kaupassa, logistiikassa, energiansiirrossa tapahtumien todentamiseen ja järjestelmien synkronointiin	Aikaisignaali ja siihen perustuvat aikaleimat parantavat sähköisen kaupan ja sähköisten sopimusten luotettavuutta ja erilaisten reaali-prosessien luotettavuutta ja tehokkuutta.	Aikaleimaamiseen ja synkronointiin on olemassa muitakin teknologioita, mutta ne ovat kalliimpia, hitaampia ja/tai epävarmempia kuin lähes kaikkialla saatavilla oleva korkealaatuinen satelliittisignaali. Ilman luotettua aikaleimaa ja synkronointipalveluita sopimusten tekeminen olisi riskisempää ja sopimusten valvonta vaikeampaa, ja lisäksi erilaisten reaali-prosessien luotettavuus, tehokkuus ja tuottavuus kärsisi.
Kaukokartoituksen maatalouden tuottavuuden parantamisessa	Kaukokartoituksen tuottamien aineistojen yhdistely maanpäällisen havaintoverkon havaintoihin ja kasvumallinnukseen auttaa kohdistamaan toimenpiteitä	Kaukokartoituksen hyödyntäminen edistää ns. täsmäviljelyä, ja siis auttaa parantamaan satoisuutta paremmin räätälöidyllä kasvunhoidolla, ja näin auttaa vähentämään myös lannoite- ja kasvinsuojeluaineiden kuormitusta ympäristölle.	Parempi tuottavuus hyödyttäisi sekä viljelijöitä, että kuluttajia, ja parantaisi omavaraisuutta/ huoltovarmuutta.
Avaruustoiminta pelastustoimen osana	Pelastustoimessa sovelletaan ja voidaan soveltaa monipuolisesti kaukokartoitusta, paikkatietoa ja tiedonsiirtoa	Avaruustoiminta mahdollistaa ennaltaehkäisevää työtä ja varautumista, ja tehostaa sekä tekee pelastustyötä turvallisemmaksi.	Ilman avaruustoiminnan hyödyntämistä pelastustoimi olisi reaktiivisempaa, vasteaika olisi pidempi, työ olisi vaarallisempaa ja tehtävien onnistuminen epävarmempaa.
Ilmastonmuutoksen seuranta ja ihmisen toiminnan vaikutusten arviointi avaruustoiminnan avulla	Kaukokartoitus tuottaa jatkuvasti aikasarja-aineistoa maapallon tilasta, ilmakehän, vesistöjen, ja maa-alueiden tilasta	Avaruustoiminta mahdollistaa kattavien vertailukelpoisten ja luotettavien aikasarjojen tuottamisen ympäri maailmaa eri luonnonilmiöistä.	Ilmaston ja maapallon tutkimus olisi kalliimpaa, hitaampaa ja perustuisi epävarmempaan aineistoon, jos jouduttaisiin toimimaan maanpäällisen näytteenotto- ja mittausverkoston varassa

Hallinnossa liike-elämässä on käytössä monia 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 sensoriaaineiston yhdistäminen maanpäällisiin 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:* 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 infran ja sen korjauksen 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 reitinnavigointia ja sekä satelliittiedonsiirtoa 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 reitinnavigointi parantavat liikenteen sujuvuutta, turvallisuutta ja tehokkuutta
- *Kauppa ja rahoitus:* aikasignaali mahdollistaa tapahtumien ja sähköisten sopimusten leimaamisen, kaukokartoitusteknologiat mahdollistavat vakuustoitiminnassa vahinkojen arvioinnin entistä kattavammin
- *Palvelut:* erilaisten liikkuvuus- ja lähettipalveluiden liiketoimintamalli ja hinnoittelu perustuvat sijainti- ja paikkatietoon sekä reitinnavigointiin.

## 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 digitalisaatiohankkeisiin, jotka vaativat myös osaamista ja resursseja.

## 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.

## 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 toimenpideohjelmissä.

**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 ja hyödyntämiseen**

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/](http://www.4front.fi/)

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

Lisätietoja: [www.vtt.fi](http://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](mailto:maija.lonnqvist@gov.fi)



Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta  
Statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet