



Avaruuspalveluiden merkitys huoltovarmuudelle

Selvitys Huoltovarmuuskeskukselle

KOKONAT OY | TAMMIKUU 2024

Sisällysluettelo



1	Johdanto	3
1.1	Selvityksen toteutus	3
1.2	Tarkastelun kohteet	5
2	Avaruuspohjaiset palvelut yrityksissä	7
2.1	Avaruuspohjaisten palveluiden käytön nykytila	7
2.2	Riippuvuus avaruuspohjaisista palveluista	9
2.3	Riskit avaruuspohjaisten palvelujen käytössä	11
2.4	Avaruuspohjaiset palvelut tulevaisuudessa	12
3	Avaruuspohjaiset palvelut viranomaistoiminnassa	14
3.1	Suomen koordinaatiston ylläpito	14
3.2	Viranomaisten riippuvuus avaruuspohjaisista palveluista	16
3.2.1	Pelastustoimi	16
3.2.2	Sääpalvelut	17
3.2.3	Maataloustuotanto	18
4	Johtopäätökset	19

1 Johdanto



Avaruuspohjaisia palveluita käytetään laajasti nyky-yhteiskunnassa ja avaruuteen perustuvat palvelut ovat läsnä kaikilla eri sektoreilla. Digitalisaation myötä avaruuspohjaisista palveluista on tullut koko ajan tärkeämpi osa elämäämme. Yleisimpiä esimerkkejä ovat paikannus- ja sääpalvelut, joita hyödynnetään laajasti eri toimialoilla. Avaruustoiminnalla on yhä suurempi strateginen merkitys yhteiskunnan toimivuudelle.¹

Avaruusasioiden merkitys on tunnistettu ja teema on nostettu läpileikkaavana asiana Huoltovarmuuskeskuksen agendalle. Lisäksi kansallisen avaruusstrategian päivitys alkaa vuoden 2024 alussa. Päivityksen yhteydessä strategiassa tullaan painottamaan avaruuden turvallisuuteen ja puolustukseen liittyviä asioita.

Tässä selvitysraportissa analysoidaan Suomen huoltovarmuuden kannalta tärkeiden toimijoiden avaruuteen liittyvien palveluiden käytön nykytilaa ja merkitystä. Keskiössä on koota yleiskuvaa avaruuspohjaisten palveluiden käytöstä kriittisten toimijoiden keskuudessa ja sitä kautta hahmottaa avaruuspohjaisten palveluiden merkitystä huoltovarmuudelle.

Selvitys on toteutettu Huoltovarmuuskeskuksen toimeksiannosta osana Avaruusasioiden huoltovarmuus ja turvallisuus (AVAHUOLTO) -projektia.

1.1 Selvityksen toteutus

Selvityksen tiedonkeruu perustuu sekä kyselyllä että haastatteluilla kerättyyn aineistoon. Selvitys toteutettiin kolmessa kuukaudessa, vuodenvaihteen 2023–2024 molemmin puolin.

Kyselyn tavoitteena oli kerätä tietoa avaruuspohjaisten palveluiden käytöstä ja kriittisyydestä huoltovarmuuden ja kokonaisturvallisuuden osalta. Kysely suunnattiin huoltovarmuuskriittisille yrityksille ja sen sisältö suunniteltiin yhteistyössä Huoltovarmuuskeskuksen asiantuntijoiden kanssa. Verkko-kysely toteutettiin Webropol-työkalulla. Kyselyn vastaajat koottiin Huoltovarmuusorganisaation pooleille toimitetun tukipyynnön avulla. Kaikista pooleista ei saatu yhteystietoja kyselyn toimittamista varten, mutta suurin osa yhteyshenkilöistä toimitti tukipyynnön mukaisesti yhteystiedot. Kaikki Huoltovarmuusorganisaation poolit eivät siis olleet edustettuna kyselyn vastaajissa.

Kysely lähetettiin kaikkiaan 279 vastaanottajalle ja se oli avoinna 29.11.-15.12.2023 välisen ajan. Kyselyyn saatiin vastausajan puitteissa yhteensä 84 vastausta ja sen vastausprosentiksi tuli 30 %. Lisäksi kolme toimijaa ilmoitti sähköpostitse, ettei yrityksessä ole käytössä avaruuspohjaisia palveluita.

¹ Työ- ja elinkeinoministeriö & Liikenne- ja viestintäministeriö (2018). Suomi 2025. Maailman houkuttelevin ja ketterin avaruusliiketoimintaympäristö, josta hyötyvät kaikki täällä toimivat yritykset.

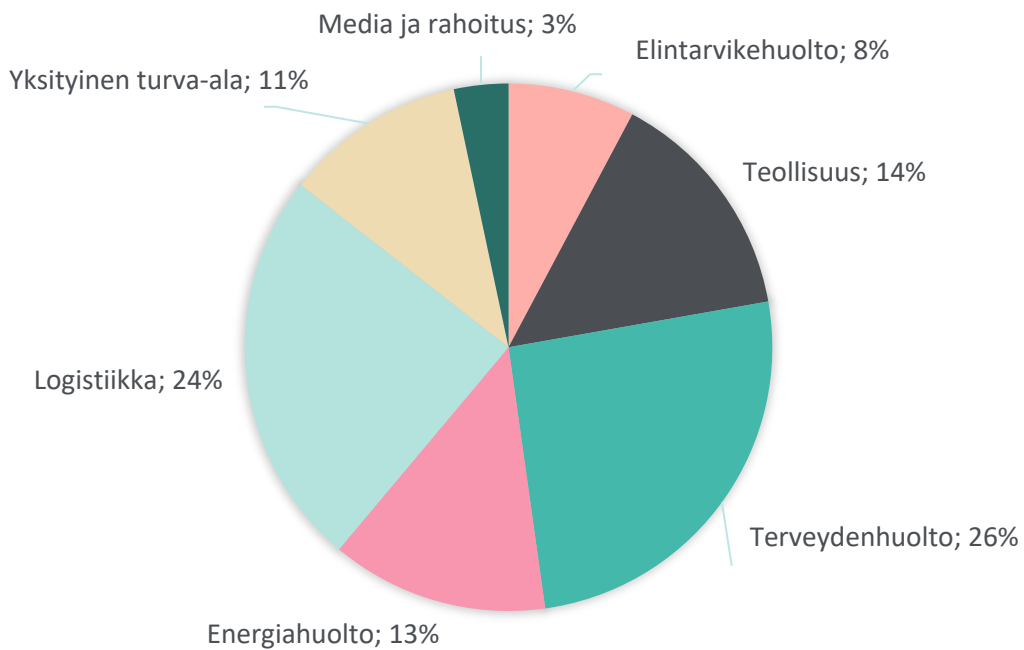
Vastauksia saatiin kaikilta Huoltovarmuusorganisaation sektoreilta. Huoltovarmuusorganisaation mukaista sektorijaottelua on hyödynnetty soveltuvin osin kyselyn tulosten analyysissä. Rahoitusalan vastaukset on yhdistetty media-alan vastaajien kanssa yhteiseen kategoriaan vastaajamäärien vähyyden vuoksi. Lisäksi yksityinen turva-ala esitetään omana ryhmänä analyysissä, koska vastaajia on tässä ryhmässä suhteellisen paljon. Alla taulukossa 1 esitellään tässä raportissa käytetty sektorijako ja vastaajamäärät toimialoittain.

Taulukko 1. Selvityksessä käytetty sektorijaottelu ja vastaajien määrät.

Sektori	Toimiala	N
Elintarvikehuolto	Kauppa- ja jakelu	2
	Elintarviketeollisuus	5
Energiahuolto	Sähkö	9
	Kaasu	2
	Lämpö	1
Logistiikka	Maakuljetus	7
	Ilmakuljetus	4
	Vesikuljetus	10
	Satamat	5
Teollisuus	Teknologia	6
	Metsä	2
	Kemia	2
	MIL	2
	Rakennus	2
Terveysthuolto	Vesihuolto	7
	Jätehuolto	7
	Terveysthuolto	8
Muut	Yksityinen turva-ala	10
	Media	2
	Rahoitus	1

Kyselyn vastaajien jakautumista eri sektoreille havainnollistetaan kuviossa 1.

Vastaajat sektoreittain



Kuvio 1. Kyselyn vastaajat sektoreittain. (Lähde: kysely 2023)

Lisäksi toteutettiin haastatteluja viranomaisille, kaikkiaan neljä kappaletta. Haastatteluissa käsiteltiin samoja kysymyksiä kuin kyselyssä ja niiden toteutuksesta vastasi Huoltovarmuuskeskus. Haastattelut pidettiin marras-joulukuussa 2023. Haastatteluiden tulokset toimitettiin Kokonat Oy:lle raporttia varten.

1.2 Tarkastelun kohteet

Tässä raportissa tarkastellaan seuraavia kysymyksiä:

- Mitkä avaruuspohjaiset palvelut ovat huoltovarmuuskriittisille toimialoille keskeisiä?
- Miten kriittisiä avaruuspohjaiset palvelut ovat huoltovarmuuden näkökulmasta?
- Miten avaruuspohjaisten palveluiden käytön arvioidaan muuttuvan tulevaisuudessa?

Tässä selvitysraportissa avaruuspohjaisilla palveluilla tarkoitetaan palveluita, jotka hyödyntävät avaruusteknologiaa. Avaruuspohjaiset palvelut on jaettu neljään kategoriaan seuraavasti:

- Satelliittikaukokartoitus: Maata kiertävien satelliittien avulla voidaan kerätä ajantasaista tietoa ympäristön tilasta ja muutoksista.²
- Satelliittiperusteinen paikannustieto: Satelliitit ovat paikannuksen kulmakivi, jota hyödynnetään laajasti mm. autonavigaattoreissa ja älypuhelimissa.³
- Satelliittikommunikaatio: Alueilla, joilla verkko ei toimi, tarvitaan satelliittipuhelimia tai muita satelliittiviestintälaitteita.⁴
- Satelliittiperusteinen aikatieo: Pankki-, energia- ja televerkot käyttävät GNSS-signaaleista saatavaa aikatieoa järjestelmien eri osien synkronointiin.⁵

² Maanmittauslaitos. Satelliittikaukokartoitus. Luettavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematieo/satelliittikaukokartoitus>.

³ Maanmittauslaitos. Satelliittipaikannus. Luettavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematieo/satelliittipaikannus>.

⁴ Business Finland (2024). Satelliittiyhteydet kriittisen viranomaisviestinnän avuksi vaikeissa olosuhteissa Luettavissa: <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/2024/satelliittiyhteydet-kriittisen-viranomaisviestinnan-avuksi-vaikeissa-olosuhteissa>.

⁵ Traficom (2020). Satelliittipaikannuksen nykytila ja kehitysnäkymät. Luettavissa: <https://www.traficom.fi/fi/satelliittipaikannuksen-nykytila-ja-kehitysnakymat>.

2 Avaruuspohjaiset palvelut yrityksissä

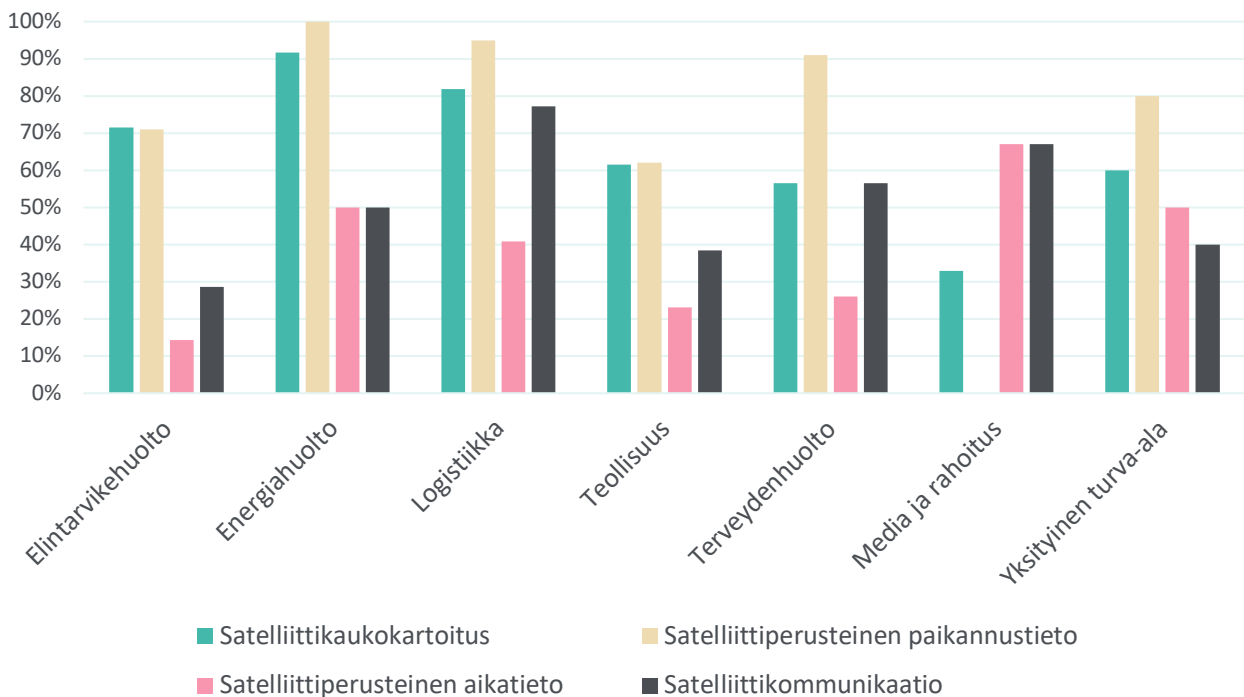


Avaruuspohjaisia palveluita hyödynnetään laajasti eri sektoreilla ja niiden käyttö on lisääntynyt viime vuosina. Huoltovarmuuskriittisille yrityksille suunnatun kyselyn vastaajista lähes 90 % on käyttänyt avaruuspohjaisia palveluita yli kolmen vuoden ajan. Eniten käytetään satelliittiperusteista paikannustietoa ja satelliittikaukokartoituksen palveluita. Suurin riippuvuus liittyy selvästi paikannustietoon, jota hyödynnetään eri toimialoilla. Yritykset arvioivat, että avaruuspohjaisten palveluiden käyttö tulee lisääntymään tulevaisuudessa.

2.1 Avaruuspohjaisten palveluiden käytön nykytila

Kyselyn vastausten perusteella yrityksissä eniten käytössä olevat palvelut liittyvät satelliittikaukokartoitukseen sekä satelliittiperusteiseen paikannustietoon. Myös satelliittikommunikaation alle kategorisoidut palvelut olivat vastaajien keskuudessa melko yleisiä. Kuviossa 2 esitetään eri palvelukategorioiden käytön yleisyyttä sektorikohtaisesti.

Hyvin laajalla käytöllä sektorirajat leikkaavasti ovat sääennusteet, joka selittää satelliittikaukokartoituksen yleisyyttä. **Jopa 60 % kyselyn vastaajista piti sääennusteita, -palveluita ja -varoituksia tarpeellisina yrityksen toiminnassa.** Sääpalveluita hyödynnetään toiminnan suunnittelussa ja varautumisessa laajasti. **Satelliittiperusteisen paikannustiedon palveluista erityisesti liikenteen ja kuljetusten seuranta sekä navigointi ovat tärkeitä lähes kaikilla sektoreilla.**



Kuvio 2. Avaruuspalveluiden käyttö sektoreittain. (Lähde: kysely 2023)

Taulukossa 2 on nähtävillä tarkemmin yritysten vastaukset liittyen avaruuspohjaisten palveluiden käyttöön. Lisäksi taulukosta näkyy, kuinka suuri osuus eri palveluiden käyttäjistä pitää palvelua tarpeellisena yrityksen toiminnassa.

Taulukko 2. Avaruuspohjaisten palveluiden käytön laajuus ja tarpeellisuus yritysten keskuudessa. (Lähde: kysely 2023)

		Palvelun tarpeellisuus	
		Yli 80 % palvelun käyttäjistä pitää tarpeellisena tai erittäin tarpeellisena	
		71–80 % palvelun käyttäjistä pitää tarpeellisena tai erittäin tarpeellisena	
		60–70 % palvelun käyttäjistä pitää tarpeellisena tai erittäin tarpeellisena	
Palvelua käyttävien vastaajien määrä (%)			
Satelliittikaukokartoitus			
60 %	Sääennusteet, -palvelut ja -varoitukset - Keskeinen eri sektoreilla		
30 %	Kartoitus ja karttatuotanto (maankäyttö, korkeusmallit ja kasvipeitteet) - Sektorit, joilla korostuu: energia, teollisuus, logistiikka ja terveydenhuolto		
29 %	Merenkulun palvelut, mm. jäätilanteen seuranta ja ennustaminen - Sektorit, joilla korostuu: logistiikka		
Satelliittiperusteinen paikannustieto			
50 %	Liikenteen ja kuljetusten seuranta - Sektorit, joilla korostuu: logistiikka, elintarvikehuolto, yksityinen turva-ala		
52 %	Reaaliaikainen navigointi - Sektorit, joilla korostuu: logistiikka ja energiahuolto		
35 %	Maanmittaus ja kartografiset palvelut - Korostuu energiahuollossa		
Satelliittikommunikaatio			
37 %	Tiedonsiirto - Sektorit, joilla korostuu: logistiikka ja terveydenhuolto		
28 %	Laajakaistayhteydet - Sektorit, joilla korostuu: logistiikka ja terveydenhuolto		
28 %	Satelliittipuhelinpalvelut - Sektorit, joilla korostuu: logistiikka ja energia		
Satelliittiperusteinen aikatieto			
36 %	Tietoliikenneverkkojen aikasynkronointi - Keskeinen eri sektoreilla		

2.2 Riippuvuus avaruuspohjaisista palveluista

Riippuvuutta avaruuspohjaisista palveluista tarkasteltiin kyselyssä sen kautta, millaisia vaikutuksia palveluiden katkoksilla olisi yritysten toimintaan. Vastausten perusteella katkosten vaikutukset vaihtelevat paljonkin toimijoiden kesken.

Katkosten aiheuttamat muutokset koetaan hyvin samanlaisina yrityksen oman toiminnan ja koko toimialan näkökulmasta. Hieman yli 50 % vastaajista kokee, että katkokset avaruuspohjaisissa palveluissa aiheuttaisivat pieniä häiriöitä yrityksen toiminnassa tai palveluissa. Avaruuspohjaiset palvelut ovat suurilta osin korvattavissa vaihtoehtoisilla menetelmillä. Kyselyn vastausten perusteella näyttää siltä, että avaruuspohjaisten palveluiden katkeamisella on isossa kuvassa erityisesti työllistävä vaikutus, sillä katkos hidastaa toimintaa, muuttaa käytössä olevia toimintatapoja ja lisää resurssitarvetta.

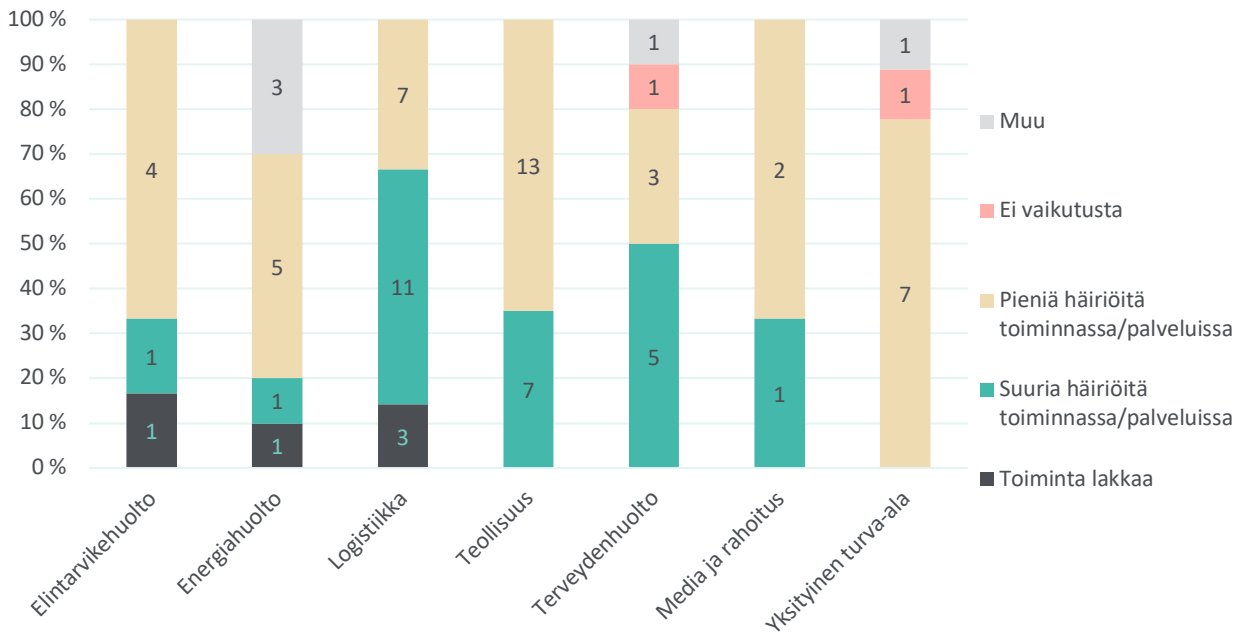
“Kaikkeen on olemassa varamenetelmät, mutta vaikeaksi työ kävisi, jos paikannus olisi poissa pelistä.” (Teollisuus)

“Hankaloittaa työtä. Raportointi jälkikäteen järjestelmiin ja lisää manuaalista työtä.” (Elin-tarviketeollisuus)

Muutamit kyselyn vastaajat arvioivat, että toiminta lakkaisi kokonaan avaruuspohjaisten palveluiden katkoksen vuoksi. Katkos liittyy näissä tapauksissa satelliittipaikannuksen tai tiedonsiirron katkeamiseen. Suuria häiriöitä yrityksen toimintaan arvioi tulevan 31 % kyselyn vastaajista. On tärkeää huomioda, että kyselyssä vastaajat ovat arvioineet häiriön suuruutta omista lähtökohdistaan ja saman alan toimijoiden vastauksissa on eroja siinä, onko häiriöstä aiheutuvaa haittaa arvioitu suureksi vai pieneksi.

Toiminnan lakkaaminen ja suuret häiriöt liittyvät erityisesti toimivan ja luotettavan satelliittipaikannuksen tärkeyteen, mikä on kriittistä mm. lento- ja laivaliikenteessä, mutta on laajasti käytössä myös muilla toimialoilla. Myös tiedonsiirron katkeaminen hankaloittaisi toimintaa merkittävästi ja voisi jopa estää toiminnan jatkamisen. Selvästi eniten haittaa avaruuspohjaisten palveluiden katkoksesta aiheutuisi logistiikkasektorille. Kuviossa 3 esitetään yritysten näkemyksiä avaruuspohjaisten palveluiden katkosten vaikutuksista yrityksen toimintaan sektoreittain jaoteltuna.

Avaruspohjaisten palveluiden katkosten vaikutukset yritysten toimintaan



Kuvio 3. Avaruspohjaisten palveluiden katkosten vaikutukset yritysten toimintaan. (Lähde: kysely 2023)

Yritysten näkökulmasta avaruspohjaiset palvelut ovat tärkeitä, mutta monissa tapauksissa eivät välttämättömiä. Merkittävä osuus kyselyn vastaajista, 30 %, koki, etteivät nykyisellään käytössä olevat avaruspohjaiset palvelut ole kriittisiä poikkeusoloissa tai vakavissa häiriötilanteissa. Kriittisinä avaruspohjaisina palveluina pidettiin kuitenkin seuraavia:

- Satelliittiperusteinen paikannustieto: 35 % vastaajista piti kriittisenä vakavissa häiriöissä
- Satelliittikommunikaatio: 30 % vastaajista piti tietoliikenneyhteyksiä, tiedonsiirtoa tai satelliittipuhelimia kriittisenä vakavissa häiriöissä
- Satelliittikaukokartoitus: 6 % vastaajista piti sääpalveluita, satelliittikuvia ja karttoja kriittisinä vakavissa häiriöissä

2.3 Riskit avaruuspohjaisten palvelujen käytössä

Avaruuspohjaisten palveluiden käyttöön liittyviä riskejä tunnistetaan laajasti eri sektoreilla. Kyselyn vastaajat ovat huolissaan kasvavasta riippuvuudesta ylikansallisia ja kaupallisia avaruuspalveluita tarjoavia toimijoita kohtaan. Kaupallisten toimijoiden palveluiden saatavuudessa voi ilmetä yllättäviä häiriöitä, minkä lisäksi palvelujen luotettavuuden varmistaminen on haastavaa. **Riippuvuus avaruuspohjaisia palveluita tarjoavista toimijoista on riski yhteiskunnalle tärkeän infrastruktuurin ja kriittisten palveluiden näkökulmasta.** Suurten kansainvälisten yhtiöiden avaruuspalveluita ja avaruuspohjaisesta datasta jalostettuja palveluita käyttävät kaikki yhteiskuntamme tärkeät toimijat alasta riippumatta. Tämä näkökulma on hyvä muistaa avaruuspohjaisia palveluita kehitettäessä ja uusia innovaatioita käyttöönotettaessa. Samalla on huomattava, että satelliittikaukokartoituksen avulla saadut kuvat ja tiedot ovat iso riski väärinkäytettynä.

Avaruuspohjaisten palveluiden ja avaruuspohjaisen datan väärinkäytön ohella kyselystä nousi esille huoli kaupallistamisen kautta syntyneestä avaruusromun määrästä avaruudessa.

“Kaikista kammottavin tilanne olisi kiertoradan täyttäminen heikkojen ja vastuuttomien toimijoiden romujärjestelmillä, jotka vievät elintilan oikeasti merkittäviltä avaruusprojekteilta ja vaarantavat nykyisetkin järjestelmät. Pidän avaruuden kaupallistamista jossain määrin systeemisena riskinä koko ihmiskunnan avaruusstrategialle, eli sillä olisi heikentävä vaikutus kokonaisturvallisuuteen ja huoltovarmuuteen.” (Yksityinen turva-ala)

Avaruuspohjaisiin palveluihin liittyviä riskejä on tunnistettu osassa yrityksistä, mutta vastausten perusteella voidaan päätellä, että riskien syvällistä arviointia ei ole vielä välttämättä tehty. Avaruuspohjaisiin palveluihin liittyvät riskit koetaan ongelmaksi, johon yksittäisen yrityksen on hankala tarttua, sillä esimerkiksi avaruudessa tapahtuvaa kyberhäirintää on vaikea torjua. Seuraavat lainaukset kuvastavat yritysten näkemystä siitä, että viranomaisilla on hyvä olla aktiivinen rooli avaruuspohjaisten palvelujen kehityksen seurannassa.

“On olennaista saada tietoa, jos avaruuspohjaisiin palveluihin kohdistuu negatiivista vaikutusta/häirintää siten, että tiedon luotettavuus vaarantuu. Tilannekuva (jakaminen huoltovarmuuskriittisille toimijoille) on tärkeää.” (Yksityinen turva-ala)

“Tärkeää että viranomaisilla on tällä osa-alueella aktiivinen rooli, jolla varmistetaan myös kv. Tasolla Suomen vähittäiskaupan valmius ja toimintakyky tulevaisuudessa.” (Elintarvikehuolto)

“Hyvä, että tätäkin asiaa selvitetään! Äärimmäisen tärkeä kokonaisuus. Mitä enemmän avaruuspohjaisia palveluita käytetään, sitä riippuvaisemmiksi häiriötilanteissa niistä tulemme.” (Logistiikka)

Vaikka riskit koetaan haastaviksi torjua, jopa 62 % vastaajista sanoo yrityksen valmistautuneen avaruuspohjaisten palveluiden mahdollisiin häiriöihin vaihtoehtoisten teknologioiden ja menetelmien avulla. Sama viesti välittyy myös muista kyselyn avointen kysymysten vastauksissa. Lähes puolet kyselyn vastaajista kertoo valmistautuneensa häiriöihin varautumis- ja

valmiussuunnitelmilla ja vajaa 20 % yhteistyöjärjestelyillä. 24 % kyselyn vastaajista ei ole valmistautunut mitenkään avaruuspohjaisten palveluiden mahdollisiin häiriöihin.

2.4 Avaruuspohjaiset palvelut tulevaisuudessa

Yrityksiltä tiedusteltiin kyselyssä avaruuspohjaisten palveluiden käyttöön liittyvistä tulevaisuuden suunnitelmista sekä yrityksen että koko toimialan näkökulmasta. **Vastaajista vajaa 70 % arvioi avaruuspohjaisten palveluiden merkityksen kasvavan omalla toimialallaan tulevaisuudessa.** Huomionarvoista on, että kukaan vastaajista ei nähnyt avaruuspohjaisten palveluiden merkityksen tai roolin pienenevän tulevaisuudessa. Kolmasosan näkemyksen mukaan avaruuspalveluiden käyttö ei tule omalla toimialalla merkittävästi muuttumaan. Avaruuspohjaisten palveluiden käytön laajentamisen suunnitelmia kuvailivat avoimessa kentässä erityisesti logistiikkasektorin toimijat. Tätä selittänee paikannuspalveluiden suuri merkitys logistiikan suunnittelussa ja operoinnissa.

Satelliittikommunikaatio, satelliittiperusteinen paikannustieto ja satelliittikaukokartoitus nousivat aiheistosta esille kolmena suurimman kehityspotentiaalin omaavana avaruuspohjaisena palveluna, jotka tulevat vaikuttamaan turvallisuuden ja huoltovarmuuden kenttään.

- **Satelliittikommunikaation avulla tapahtuva viestintä ja tietoverkkoyhteyksien varmistaminen avaruuspohjaisilla palveluilla nousivat vastauksissa selkeästi mainituimmaksi tulevaisuuden kehityspotentiaalin osalta.** Tietoliikenteen varmistaminen ja mahdollisen varakanavan käyttö tunnistettiin tärkeäksi mahdollisuudeksi laajasti eri toimialoilla. Satelliittipohjainen tiedonsiirto nähtiin sekä yritysten jatkuvuudenhallinnan että huoltovarmuuden kannalta merkittäväksi mahdollisuudeksi vähentää häiriöiden vaikutuksia. Esimerkkinä tästä mainittiin SpaceX:n Starlink, jonka kaltainen kanava voisi toimia hätäkanavana, mikäli muu tietoliikenne katkeaisi pitkäksi ajaksi kerrallaan. Satelliittikommunikaatio nähtiin myös mahdollisuutena lisätä tiedonsiirtoa syrjäisillä alueilla, kuten saaristokohteissa.
- **Satelliittiperusteisen paikannus- ja paikkatiedon hyödyntäminen nähtiin tulevaisuuden kannalta yhä tärkeämmäksi tarkemman paikkatiedotiedon saamiseksi eri toimialojen käyttöön.** Logistiikka-alalta paikannuksen merkitys nostettiin esille vesi-, maa- ja ilmakuljetuksen osalta, teollisuudesta mm. rakennus- ja metsäteollisuuden osalta ja lisäksi elintarvikehuollon osalta. Logistiikan toimijat ja jotkin logistisia palveluita hyödyntävät yritykset nostivat esille reittioptimoinnin mahdollisuudet avaruuspohjaisia palveluita hyödyntämällä. Lisäksi mainittiin tekoälyn hyödyntäminen ja riskien ennakointi logistiikan suunnittelussa. Meriliikenteen osalta tutkasatelliittien muodostaman jäätiedon jalostaminen, autonomiset laivat ja etäluotsaus nähtiin tulevaisuuden uusina käyttömahdollisuuksina.
- **Satelliittikaukokartoituksen avulla tapahtuvaa kuvantamista ja sen tulevaisuuden potentiaalia korostettiin erityisesti kriisien aikaisen tilannekuvan parantamisessa.** Tilannekuvan koostamisessa korkealaatuinen kuva-aineisto voi olla erittäin tärkeää. Satelliittikaukokartoituksen yhteydessä vastaajat puhuivat erityisesti kuvantamisesta. Kuvantamisen potentiaali tunnistettiin energia-alan näkökulmasta mm. energiaverkon tarkkailun hyödyntämisessä.

Esimerkiksi ilmajohtoverkon tarkkailussa ja kunnossapidossa käytettyjen perinteisten menetelmien korvaaminen tarkoilla avaruusvalokuvilla ja -laserkeilausaineistoilla nähtiin mahdollisena, mikäli aineistojen hinnat laskevat nykyisestä. Ilmailualan näkökulmasta esille tuotiin pienikokoiset, liikuteltavat maa-asetat, jotka voisivat parantaa korkealaatuisen kuva-aineiston saatavuutta kriisitilanteissa.

Yrityksiltä kysyttiin myös niiden omista suunnitelmista laajentaa tai muuttaa avaruuspohjaisten palveluiden käyttöä tulevaisuudessa. Vastaukset jakoutuivat melko tasaisesti kolmeen kategoriaan: **kolmasosa yrityksistä kokee, että avaruuspalveluita tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa enemmän, kolmasosan mukaan käyttöä ei tulla muuttamaan nykyisestä ja kolmasosa vastaajista ei osannut sanoa palveluiden käytöstä tulevaisuudessa.** Yleisesti lähes jokaisen sektorin toimijat mainitsivat tulevaisuuden mahdollisuutena tietoverkkoyhteyksien varmentamisen satelliittipohjaisen palvelun avulla.

Tulevaisuudensuunnitelmien osalta logistiikka-alalta esille nostettiin mm. aluksien datayhteyksien parantaminen, paikannus- ja paikkatiedon hyödyntäminen toiminnan tehostamisessa ja tekoälytuettu kuljetussuunnittelu. Energiahuollon puolelta mainittiin mm. satelliittipuhelinten hankinta ja satelliittidatan hyödyntäminen ympäristön tilan tarkkailussa, kuten lumen vesiaron määrittämisen yhteydessä. Teollisuussektorilta nostettiin esimerkiksi GPS-paikannustiedon hyödyntäminen puunhankinnassa ja reaaliaikaisten sää- ja satelliittikuvatietojen käyttö liiketoimintaoperaatioissa. Media-alalla on selvitetty LEO-satelliittien hyödyntämistä suorien radiolähetysten välittämisessä Pohjois-Suomesta alueilta, missä maanpäälliset tietoliikenneverkot eivät ole käytettävissä.

3 Avaruuspohjaiset palvelut viranomaistoiminnassa



Suomen viranomaiskenttä jakautuu avaruuspohjaisten palvelujen näkökulmasta karkeasti palveluiden ylläpitäjiin ja hyödyntäjiin. GNSS-pohjaisia palveluita hyödynnetään pelastustoimen apuna ja säätiedoilla on tärkeä rooli esimerkiksi turvallisuusviranomaisten ja Puolustusvoimien toiminnassa. Maanmittauslaitos (MML) on viranomaiskentällä se toimija, joka ylläpitää Suomen koordinaatistoa ja huolehtii avaruustilannekuvan kannalta kriittisestä Metsähovin observatoriosta.

3.1 Suomen koordinaatiston ylläpito

Maanmittauslaitoksen yksi tärkeä tehtävä on pitää Suomen koordinaatisto tarkkana ja ajan tasalla. Mm. mannerlaattojen liikkumisen ja maan kohoamisen seurauksena maastoon ja fyysiseen infraan sidotut koordinaatit alkavat vähitellen etäännyä todellisista absoluuttisista koordinaateista. Liike on muutamia senttimetrejä vuodessa ja se tulee ottaa huomioon, jos paikanmäärityksen tarkkuusvaatimus on suuri. Maailmanlaajuinen tarkka koordinaattijärjestelmä sisältääkin neljännen ulottuvuuden: ajan. Kullekin koordinaatille ilmoitetaan sijaintipisteen lisäksi se, koska sijainti on määritetty ja kuinka suuri koordinaatin muuttumisnopeus on.

Koska käytännössä muuttuvat koordinaatit ovat hankalia, eri osissa maailmaa on tuotettu alueellisia koordinaattijärjestelmiä, joiden koordinaatit eivät muutu ajan myötä. Nämä on yleensä kiinnitetty mannerlaatan muodoltaan muuttumattomaan osaan ja lisäksi sidottu johonkin maailmanlaajuiseen koordinaattijärjestelmään jonain tietynä ajanhetkenä, epookkina. Suomessa on tällä hetkellä käytössä eurooppalaiseen koordinaattijärjestelmään sidottu EUREF-FIN -koordinaatisto.

Globaalistumisen ja parantuneiden mittaustarkkuuksien ja -vaatimusten myötä maapallon muutokset ja liikkeet on pystyttävä huomioimaan entistä tarkemmin. Suomessa tämä tapahtuu MML:n ylläpitämän ns. FINREF-asemaverkoston avulla. Asemaverkoston tarkka paikka maastossa on tiedossa ja sen siirtymiä seurataan GNSS-satelliittien paikannussignaalin avulla. Tämä luo perustan tarkan paikannuksen kyvykkyydelle sekä samalla ylläpitää Suomen osalta tietoa EUREF-koordinaatiston tarkkuudesta. Maanpäällinen kolmiomittausjärjestelmä on purettu, joten tämä on lähes ainoa mahdollisuus saavuttaa tarvittava tarkkuus.

Voidaan sanoa, että GNSS-palvelu on kriittinen koordinaatiston säilymisen kannalta. Lyhyet katkokset eivät lamauta toimintaa, mutta pidemmät viikkojen ja kuukausien katkokset alkavat vaikuttaa. Varamenetelmien soveltaminen vaatii huomattavia lisäresursseja ja osaamisen palauttamista.

Senttimetrien tarkkuudella tehtävä paikannus edellyttää aina maasijoitteista referenssiasemaa tai verkostoa, jonka avulla voidaan reaaliajassa seurata ja korjata pelkän GNSS-satelliittipaikannuksen tuottamaa paikannustietoa. MML ylläpitää FINPOS-palvelua, joka perustuu FINREF-asemien ja erityisten FINPOS-asemien avulla ylläpidettävään satelliittipaikannuksen koko maan kattavaan paikannustiedon korjausdataan. FINPOS-palvelun avulla paikannuksen loppukäyttäjien paikannuslaitteet vastaanottavat mobiilina nettipalveluna paikannuksen korjausdatan ja lopputuloksena on senttiluokan

paikannus. Tällä palvelulla on suuri tarve ja merkitys mm. maanmittauksessa, maanrakennuksessa, rakentamisessa, logistiikassa, metsätaloudessa ja maataloudessa.

GNSS-perusteisen tarkan paikannustiedon loppuminen tarkoittaa MML:n osalta haja-asutusalueiden ja maaston maanmittauksen volyymin merkittävää, jopa 90 % laskua. Taajamissa ja rakennetuilla alueilla on vielä olemassa tarkkoja mittapisteitä, joiden avulla takymetreillä on manuaalisesti mahdollista määrittää koordinaatteja. Näilläkin menetelmillä suorituskyky laskisi ainakin kohtalaisesti.

Maanrakennuksessa ja muussakin loppukäytössä tarkka paikannustieto on viety konetasolle saakka. Esimerkiksi kaivuutyössä koneen kauha jo automaattisesti pystyy määrittämään paikkansa ja toteuttamaan ennalta suunnitellun työn ilman manuaalista ja työvoimaa vaativaa mittaamista. Voidaan sanoa, että paikannustietoa käyttävien toimintojen osalta on vielä olemassa manuaalisia menetelmiä. Kaivurit voivat kaivaa ja traktorit liikkua manuaalisesti ohjaamalla. Mutta suorituskyky ja tehokkuus laskevat. Tällä hetkellä lasku on vielä pientä tai kohtalaista, mutta kehitys vie siihen suuntaan, että suorituskyvyn lasku ilman paikannustietoa kasvaa.

Ilman korjausdataa GNSS-paikannuksen tarkkuus on metreistä kymmeneen metriin. Tämä tarkkuus riittää yleensä kansalaisille tarkoitettuihin navigaattoreihin ja muihin sovelluksiin. On huomattava, että paikannuksen tarkentamispalvelut edellyttävät verkon yli saatavan tarkennustiedon saamista päätelaitteelle ja tämä edellyttää yleensä mobiilia datayhteyttä. Eli mobiilien viestiverkkojen toiminta on tärkeä edellytys tälle. MML:n lisäksi Suomessa on ainakin kaksi samalla periaatteella toimivaa kaupallista paikannuksen korjauspalveluiden tuottajaa, joilla on jopa oma referenssi-asemaverkosto.

Koordinaatiston hoitamisen lisäksi MML ylläpitää Metsähovin observatoriota, jossa sijaitsee avaruustilannekuvan kannalta tärkeä satelliittilaser, jonka avulla voidaan määrittää satelliittien tarkkoja ratatietoja. MML katsoo tämän kuuluvan kriittiseen infrastruktuuriin ja satelliittilaser myös sisältyy Suomen EU-SST-assetteihin. Metsähovissa sijaitseva radioteleskooppi osallistuu Suomen referenssikoordinaatiston ylläpitoon.

3.2 Viranomaisten riippuvuus avaruuspohjaisista palveluista

Avaruuspohjaisia palveluita hyödynnetään laajasti myös viranomaisten keskuudessa. Yleiskuva avaruuspohjaisten palveluiden käyttötavoista haastateltujen viranomaisten osalta on koottu alle taulukoon 3.

Taulukko 3. Viranomaisten hyödyntämät avaruuspohjaiset palvelut ja rooli toiminnassa.

Viranomainen	Avaruuspohjainen palvelu ja sen rooli
Pelastustoimi	Satelliittipaikannus: <ul style="list-style-type: none">• hälytyskohteiden kuvaus ja kohteelle navigointi• viestintä viranomaisverkko Virven välityksellä• drone-toiminta
Ilmatieteen laitos	Satelliittikaukokartoitus <ul style="list-style-type: none">• sää- ja meripalveluiden sekä varoitusten tuottaminen• kaukokartoitustietojen välittäminen kansallisille ja kansainvälisille lopputukäyttäjille
Ruokavirasto	Satelliittikaukokartoitus <ul style="list-style-type: none">• maataloustuotannossa tarkkojen pinta-alojen määrittäminen• reaaliaikainen maa-alojen maatalouskäytön seuranta

3.2.1 Pelastustoimi

Pelastustoimen toiminta perustuu vahvasti paikannukseen, paikkatietoon ja viestintään. Pelastustoimintaa johdetaan ns. PEKE-järjestelmän avulla (Pelastustoimen Kenttäjohtojärjestelmä). Järjestelmässä yksiköt sijoittuvat kartalle. **Hälytyskohteet kuvataan järjestelmässä paikkatietojen perusteella ja niihin navigoidaan GNSS-palveluiden perusteella.** Lisäksi hätäkeskuslaitoksen hälyttäminen perustuu paikkatietoon, eli kohteet tulee saada tavalla tai toisella vietyä kartalle paikkatietona.

Jos GNSS-pohjaisen paikka- ja paikannustiedon saatavuus loppuisi, olisi sillä merkittävä vaikutus pelastustoimen suorituskykyyn. Toimintaa jouduttaisiin jatkamaan vuosikymmenten takaisilla menetelmillä, minkä vuoksi toiminnan tehokkuus kärsisi huomattavasti. Voidaan siis sanoa, että paikannus- ja paikkatiedolla on kriittinen merkitys pelastustoimen, ml. ensihoidon kannalta. Lisäksi poliisi käyttää paikka- ja paikannustietoa samaan tapaan kuin pelastus.

Pelastustoimen toinen tärkeä mahdollistava elementti on mobiiliviestintä, joka tällä hetkellä perustuu käytännössä kokonaan Virve-viranomaisverkkoon. Ennen Virveä käytössä oli analogisia radioverkkoja, mutta nyt ne on purettu pois. Virven toimivuuden yksi edellytys on aikasyntroonin toteutuminen, jossa puolestaan GNSS-palveluilla on oma merkityksensä. Pelastustoimella ei ole käytössä satelliittipohjaisia viestintäjärjestelmiä.

Pelastustoimen nouseva trendi on drone-toiminnan lisääntyminen. Dronet edellyttävät GNSS-pohjaisen paikannus- ja paikkatiedon käytettävyyttä tilanteissa, joissa dronet lentävät vähänään kauempana lennättäjistä. Drone-toiminnan kriittisyys kasvaa koko ajan ja tätä kautta myös GNSS-perusteisten palveluiden käytettävyyden merkitys kasvaa. Ilman droneja palvelutaso ei tipahda nolnaan, mutta jatkossa suorituskyvyn lasku voi olla merkittävää.

Satelliittikaukokartoitus ei ole merkittävässä roolissa Pelastustoimen toiminnassa. Pelastustoimessa käytetään vain vähän operatiivisia satelliittikaukokartoituspalveluita. Metsäpalojen havainnointia voidaan tehdä satelliittiseurannan avulla, mutta pääasiallisena menetelmänä käytetään lentokoneilla toteutettavaa metsäpalojen valvontaa.

3.2.2 Sääpalvelut

Ilmatieteen laitos tuottaa sää- ja meripalveluita ja varoituksia laajasti kansalaisten, viranomaisten (ml. turvallisuusviranomaiset ja Puolustusvoimat) ja elinkeinoelämän käyttöön. Usein nämä palvelut ovat oleellisen tärkeitä loppukäyttäjien toiminnan jatkuvuuden ja turvallisuuden kannalta. **Satelliittikaukokartoitustiedot ovat välttämätön elementti sää- ja meripalveluiden tuottamiseksi.** Kaukokartoitustietoja välitetään myös osana säätietoja palveluiden loppukäyttäjille. Näitä satelliittitietoja vastaanotetaan ja prosessoidaan useissa paikoissa ja useiden toimijoiden toimesta ympäri maapalloa.

Ilmatieteen laitoksella on merkittävä oma satelliittitiedon vastaanotto- ja prosessointikyvykyys. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämässä ja operoimassa satelliittidatakeskuksessa vastaanotetaan ja jalostetaan maapallon maa-alueista, meristä ja ilmakehästä tehtyjä satelliittihavaintoja sekä kansalliseen että kansainväliseen loppukäyttöön. Sodankylän satelliittituotteet liittyvät liikenteeseen ja logistiikkaan (talvimerenkulku, ilmailuturvallisuus, tieliikenteen kunnossapito ja turvallisuus) sekä säätilan, ympäristön ja luonnonvarojen seurantaan (energian tuotanto, metsäpalot). Kohdealueina ovat erityisesti Suomi, arktiset ja pohjoiset maa- ja merialueet, Itämeri valuma-alueineen sekä pohjoisen pallonpuoliskon ilmakehä. Tämän lisäksi tuotetaan erilaisia globaaleja tai laajojen alueiden satelliittituotteita palveluina EU:lle (esim. Copernicus-ohjelmaan), Euroopan avaruusjärjestölle (ESA) sekä Euroopan sääsatelliittijärjestölle (EUMETSAT).

Ilmatieteen laitoksen satelliittivastaanotto ja satelliittidatan prosessointi sekä osaltaan niiden avulla tuotetut sää- ja olosuhdepalvelut voidaan katsoa oleellisen tärkeäksi osaksi kansallisen turvallisuuden, huoltovarmuuden ja jopa puolustuskyvyn ylläpitoa. Mikäli Ilmatieteen laitoksen satelliittitietojen vastaanotto ja prosessointi keskeytyisi, se vaikuttaisi alentavasti sää- ja olosuhdetietopalveluiden tuottamiseen ja ennen kaikkea niiden laatuun. Vastaavat satelliittidatat ja -tiedot olisivat rajallisesti korvattavissa ulkomaisen vastaanoton ja prosessoinnin avulla. **Mikäli sääpalveluiden tuottamiseen ei olisi käytettävissä lainkaan satelliittitietoja, laskisi Ilmatieteen laitoksen turvallisuuden, huoltovarmuuden, puolustuksen ja myös kaikkien käyttäjien sää- ja olosuhdepalveluiden sekä varoitusten laatu merkittävästi.** Tällöin myös yleinen turvallisuus ja toiminnan edellytykset laskisivat merkittävästi.

3.2.3 Maataloustuotanto

Satelliittikuvat ovat hyvin tärkeitä Suomen maataloustuotannolle. Mikäli satelliittikuvien saanti loppuisi, johtaisi se manuaalisten ja erittäin resurssi-intensiivisten menettelyiden käyttöön. Maataloustukien maksaminen ei pysähtyisi, mutta todennäköisesti syntyisi isoja viiveitä ja Ruokaviraston tulisi käyttää tähän työhön merkittäviä resursseja.

Ruokavirasto on käyttänyt satelliittikuvia operatiiviseen toimintaan vuoden 2023 alusta lähtien. Käytössä ovat Sentinel1- ja Sentinel2-kuvatuotteet. Näitä käytetään EU:n Integrated Administration and Control System (IACS) eli yhteisen maataloustukimenettelypalvelun kautta. Tätä kautta saadaan reaaliaikainen ja pitkäaikainen seuranta maa-alojen maatalouskäytöstä. Sentinel-satelliittien avulla kuvat saadaan käyttöön noin 2–4 vuorokauden välein. Lisäksi käytössä on pinta-alojen verifiointiin LPIS-järjestelmä, jolla alueiden tarkat pinta-alat saadaan kaukokartoitustietojen avulla määritettyä. Tässä järjestelmässä käytetään pääasiassa lentokoneilmakuvia.

Mikäli Sentinel-satelliittikuvia ei saada koko kasvukauden aikana, muuttuu maataloustuen maksamismenettely huomattavan hankalaksi. Asiasta joudutaan neuvottelemaan EU-komission kanssa ja viljelijät joutuvat toimittamaan pitkin kesää runsaasti valokuvia kasvustoista. Kuvien tarkastaminen ja mahdollinen paikalla tehtävä valvonta nostavat merkittävästi henkilöstöresurssitarvetta tukipäätösten tekemiseksi.

Kasvukaudella yli kuukauden mittainen katkos Sentinel-satelliittikuvien saatavuudessa aiheuttaa manuaalisten varamenettelyiden käyttöönoton. Voidaan siis sanoa, että maataloustuotannon toteutumiseksi Sentinel-satelliittikuvat ovat oleellisen tärkeitä ja riippuvuus niistä on kohtalainen.

4 Johtopäätökset



Selvityksen perusteella avaruuspohjaiset palvelut ovat tärkeitä, koska ne tarjoavat olennaisia työkaluja ja resursseja yhteiskunnan toiminnan turvaamiseen. Palveluita hyödynnetään koko ajan enemmän ja avaruuspohjaiset teknologiat ovat keskeinen osa modernia infrastruktuuria. Satelliittitietojen ja niiden avulla tuotettujen palveluiden loppukäyttäjien spektri on erittäin laaja jo tällä hetkellä. Palveluiden käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa.

Avaruuspohjaiset palvelut ovat huoltovarmuuden kannalta tärkeitä erityisesti seuraavista syistä:

- **Satelliittipaikannus** on avainasemassa mm. logistiikan ja pelastuspalveluiden koordinoimisissa. Nämä järjestelmät mahdollistavat tarkan paikannuksen ja ovat välttämättömiä monille nykyaikaisille teknologioille. GNSS-palveluihin liittyvät häiriöt vaikuttaisivat jopa lyhytkestoisina vähintään ilmailun ja meriliikenteen toimintaan. Häiriön pitkittyessä vaikutukset laajenisivat myös muille sektoreille.
- **Satelliittikaukokartoituksen** avulla tuotettuja sää- ja ympäristöpalveluita hyödynnetään osana arkea lähes kaikessa toiminnassa. Sääpalvelut ja varoitukset näyttelevät merkittävää roolia jopa yksittäisten ihmisten arjen toiminnassa ja turvallisuudessa. Lisäksi satelliittikaukokartoitusta hyödynnetään mm. metsäteollisuudessa (hakkuut, luonnon muutokset) ja maataloudessa.
- **Satelliittikommunikaation** mahdollistamat vaihtoehtoiset tietoliikenneyhteydet ja viestintäjärjestelmät (satelliittipuhelimet) ovat tärkeitä varajärjestelmiä vakavissa häiriötilanteissa, joissa perinteiset viestintäinfrastruktuurit romahtavat.

Avaruuspohjaisten palveluiden häiriöt vaikuttaisivat yhteiskunnassa useisiin kriittisiin toimintoihin. Monissa tapauksissa vaikutukset näkyisivät suorituskyvyn laskuna. Tietyissä kriittisissä toiminnoissa, kuten pelastustoimessa, paluu vuosikymmenten takaisten menetelmien käyttöön johtaisi merkittävään tehokkuuden alenemiseen. Lisäksi häiriöiden vaikutukset ulottuisivat häiriön pitkittyessä kaikkiin toimialoihin, sillä esimerkiksi logistiikkasektorin ongelmien välilliset vaikutukset näkyvät nopeasti sektorirajat leikkaavasti.

Häiriöiden myötä usean toimialan tehokkuus siis laskisi. Koska vaikutukset koskevat laajaa toimijajoukkoa, on tehokkuuden lasku huoltovarmuuden kannalta tärkeää huomioida. Lisäksi tulevaisuuden kehityskulut vievät siihen suuntaan, että suorituskyvyn lasku ilman paikannustietoa kasvaa. Tämä on otettava huomioon yritysten ja viranomaisten varautumistyössä tulevaisuudessa.

