Tekesin katsaus 294/2012

Vaikuttavuutta sovelluksista

Suomalaisen avaruustoiminnan arvionti

Antti Eronen, Katri Haila, Kimmo Halme ja Vesa Salminen



Tekes

Antti Eronen, Katri Haila, Kimmo Halme ja Vesa Salminen

Vaikuttavuutta sovelluksista
– Suomalaisen avaruustoiminnan arviointi

Tekesin katsaus 294/2012
Helsinki 2012

Tekes – rahoitusta ja asiantuntemusta

Tekes on tutkimus- ja kehitystyön ja innovaatiotoiminnan rahoittaja ja asiantuntija. Tekesin toiminta auttaa yrityksiä, tutkimuslaitoksia, yliopistoja ja korkeakouluja luomaan uutta tietoa ja osaamista ja lisäämään verkostoitumista. Tekes jakaa rahoituksellaan teollisuuden ja palvelualojen tutkimus- ja kehitystyön riskejä. Toiminta uudistaa elinkeinoja, kasvattaa jalostusarvoa, tuottavuutta ja työelämän laatua, lisää vientiä sekä luo työllisyyttä ja hyvinvointia. Tekesillä on vuosittain käytettävissä avustuksina ja lainoina noin 600 miljoonaa euroa tutkimus- ja kehitysprojektien rahoitukseen.

Tekesin ohjelmat – valintoja suomalaisen osaamisen kehittämiseksi

Tekesin ohjelmat ovat laajoja monivuotisia kokonaisuuksia, jotka on suunnattu elinkeinoelämän ja yhteiskunnan tulevaisuuden kannalta tärkeille alueille. Ohjelmilla luodaan uutta osaamista ja yhteistyöverkostoja.

Copyright Tekes 2012. Kaikki oikeudet pidätetään.
Tämä julkaisu sisältää tekijänoikeudella suojattua aineistoa, jonka tekijänoikeus kuuluu Tekesille tai kolmansille osapuolille. Aineistoa ei saa käyttää kaupallisiin tarkoituksiin. Julkaisun sisältö on tekijöiden näkemys, eikä edusta Tekesin virallista kantaa. Tekes ei vastaa mistään aineiston käytön mahdollisesti aiheuttamista vahingoista. Lainattaessa on lähde mainittava.

ISSN 1797-7339
ISBN 978-952-457-549-2

Kannen kuva: Kalleheikki Kannisto
Taitto: DTPage Oy

Esipuhe

Tämä "Vaikuttavuutta sovelluksista – Suomalaisen avaruustoiminnan arviointi" -raportti on osa Työ- ja elinkeinoministeriön ohjauksessa toteutettavan avaruusasiain neuvottelukunnan avaruusstrategian uudistustyötä. Raportti pyrkii kuvaamaan avaruustoimintaa koko laajuudessaan, kuvaten avaruuslaitteita valmistavan teollisuuden toiminnan ja näitä ratkaisuja hyödyntävän teollisuuden toiminnan sekä hyödyntämismahdollisuudet viranomaistoiminnassa.

Tekes avustaa ministeriötä avaruusalan kansallisessa hallinnossa ja pyrkii systemaattisesti hyödyntämään avaruustoiminnan tarjoamia mahdollisuuksia talouden, yhteiskunnan ja ympäristön hyvinvoinnin kehittymisessä. Tästä johtuen vaikuttavuusmallin kehittämiselle ja vaikuttavimpien panostuskohteiden tunnistamiselle oli selkeä tarve myös innovaatiotoiminnan rahoittajan puolelta. Työn tarvetta mutta samalla sen vaativuutta lisäsi se ettei vastaavanlaisia vaikuttavuusmalleja työn käynnistyessä ollut vielä saatavilla. OECD:n ja Euroopan avaruusjärjestön vastaavat työt valmistuivat samanaikaisesti keväällä 2012. Uuden kansallisen avaruusstrategiatyön pohjana ovat näin ollen myös kansainväliset vaikuttavuusmallit.

Suomalainen julkisin varoin toteutettu avaruustoiminta on verrattain pientä useisiin EU ja OECD maihin verrattuna, kansantuotteeseen suhteutettu panostuksemme alan kehitystoimintaan on noin puolet vastaavan kokoisten maiden panostuksista. Vallitseva tilanne on seurausta osaltaan kotimaisen kysynnän kehittymättömyydestä, rajallisesta valmistavan teollisuuden markkinaosuudesta ja aikaisemmin tehdyistä rajauksista kansainväliseen ohjelmatoimintaan osallistumisesta. Toiminnan pitkän aikavälin tavoitteena on vahvistaa tieteellistä ja teknistä osaamispohjaa, kytkeä Suomessa tehtävä tutkimus ja yritysten innovaatiotoiminta tiiviimmin kansainväliseen yhteistyöhön ja käyttöön ottaa ripeästi uudet yhteiskuntaa hyödyntävät ratkaisut. Avaruustoiminnan merkitys yhteiskunnan kehityksessä on todettu kasvaneen lisääntyneiden sovellusten käyttöönoton kautta.

Raportin on tehnyt Tekesin toimeksiannosta Ramboll Management Consulting Oy, jossa työstä ovat vastanneet Antti Eronen, Katri Haila, Kimmo Halme ja Vesa Salminen. Raportissa esitetyt yrityskohtaiset tiedot perustuvat työn aikaisiin yrityshaastatteluihin sekä aikaisemmin Tekesin julkaisemiin avaruustoimintaa kuvaaviin selvityksiin ja muihin julkisiin lähteisiin.

Tekes kiittää selvityksen tekijöitä Ramboll Management Consulting Oy:ssä ja avaruusasiain neuvottelukunnan jäseniä sekä laajaa joukkoa muita asiantuntijoita, jotka ovat osallistuneet työpajoihin ja haastatteluihin. Toivomme, että raportti antaa eväitä avaruustoiminnan vaikuttavuuden kehittämiseksi ja toimii pohjana uudelle vuoteen 2020 tähtäävälle kansalliselle avaruusstrategialle.

Helsingissä kesäkuussa 2012

Tekes – Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus

Sisältö

Esipuhe 5

Tiivistelmä 8

English summary 9

1 Johdanto 15

2 Arvioinnin tausta, tavoitteet ja toteutus 16

2.1 Avaruustoiminnan organisoituminen, julkinen rahoitus ja kansallinen avaruusstrategia 16

2.2 Arvioinnin tavoitteet 17

2.3 Arvioinnin viitekehys 18

2.4 Arvioinnin toteutus ja aineistot 20

3 Avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli 22

4 Avaruustoiminta ja panostukset Suomessa 25

4.1 Avaruustoiminta ja panostukset julkisella sektorilla 25

4.1.1 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala 25

4.1.2 Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonala 26

4.1.3 Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonala 27

4.1.4 Puolustusministeriön hallinnonala 27

4.1.5 Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonala 28

4.1.6 Ympäristöministeriön hallinnonala 28

4.1.7 Yhteenveto julkisen sektorin avaruustoiminnasta ja panostuksista 29

4.2 Avaruustoiminta yksityisellä sektorilla 29

4.2.1 Avaruustoiminnan kansainväliset markkinat 29

4.2.2 Avaruusteollisuus 30

4.2.3 Muu kaupallinen avaruustoiminta 31

4.3 Osallistuminen kansainväliseen toimintaan 32

5 Avaruustoiminnan tulokset ja vaikutukset 35

5.1 Liiketoimintavaikutukset 35

Case 1. Arbonaut Oy – kaukokartoituksesta liiketoimintaa 37

5.2 Tutkimus- ja osaamisvaikutukset 37

5.2.1 Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonala 38

Case 2. Aalto-1 – Ensimmäinen suomalainen satelliitti 39

5.2.2 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala 40

5.2.3 Muut tutkimus- ja osaamisvaikutukset 40

5.3 Vaikutukset julkisen sektorin toimintaan 41
5.3.1 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala 41
Case 3. Sodankylän satelliittikeskus – Avaruustoiminnan infrastruktuurin kehittäminen 42
5.3.2 Maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön hallinnonalat 43
5.3.3 Kansainväliseen toimintaan osallistumisen vaikutukset julkisen sektorin toimintaan 43
5.4 Yhteenveto avaruustoiminnan vaikutuksista 44

6 Johtopäätökset ja suositukset 45
6.1 Johtopäätökset 45
6.2 Suositukset 50

Liitteet

1 Suomen ESA-palaute 52
2 Näkemykset suomalaisesta avaruustoiminnasta 55
3 Avaruustoiminnan kansainvälinen toimintaympäristö 69
4 Arvioinnin yhteydessä haastattelut asiantuntijat 78
5 Arvioinnin asiantuntijatyöpajoihin osallistuneet henkilöt 79
6 Kansallisen avaruusstrategian tavoitteet ja toimenpiteet 80
7 Avaruusalan suomalaiset yritykset 82
8 Suositukset avaruustoiminnan yhteiskunnallisen vaikuttavuuden viitekehykseksi 87

Tekesin katsauksia 89

Tiivistelmä

Avaruusasiain neuvottelukunnan (ANK) sihteeristön toimintaa koordinoiva Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus Tekes tilasi syksyllä 2011 Suomen avaruustoiminnan arvioinnin Ramboll Management Consulting Oy:ltä. ANK:n uutta strategiatyötä tukevan arvioinnin pohjana on hyödynnetty Tekesin ja Suomen Akatemian yhdessä kehittämää vaikuttavuusmallia. Arviointi viitekehyksenä on ollut ennakoiva vaikuttavuuden arviointi, joka suuntaa huomiota erityisesti siihen, millä edellytyksillä ja missä olosuhteissa vaikutuksien syntyminen on mahdollista. Arviointiaineistoa on kerätty haastatteluiden, sähköisen kyselyn, dokumenttianalyysin ja asiantuntijatyöpajojen avulla.

Arvioinnin yhteydessä laaditussa vaikuttavuusmallissa suomalaisen avaruustoiminnan vaikutuksia avataan kolmen näkökulman kautta. Nämä ovat: 1) liiketoimintavaikutukset, 2) tutkimus- ja osaamisvaikutukset ja 3) vaikutukset julkisen sektorin toimintaan.

Suomen panostukset avaruustoimintaan ovat kokonaisuudessaan noin 50 miljoonaa euroa vuodessa. Panostus on pysynyt ennallaan viime vuodet. Suomessa avaruustoiminnan julkisen panostuksen tärkeimmät instrumentit ovat kansainvälinen ohjelmatoiminta ja kansainvälisten järjestöjen jäsenmaksut, kansallinen kilpailtu rahoitus tutkimuslaitoksille ja yrityksille Tekesin ja Suomen Akatemian kautta sekä eri ministeriöiden omalle hallinnonalalleen budjettirahoitus. Merkittävä osa (noin 20 miljoonaa euroa, 40 %) panostuksesta kohdistuu Suomen jäsen- ja ohjelmamaksuihin Euroopan avaruusjärjestö ESA:ssa. Suomen ESA-toiminnan kautta saamien sopimusten arvo (nk. ESA-palaute) on viime vuosina laskenut vuosittain ja on selvästi alle ESA:n jäsenmaiden keskiarvon (katso liite 1). ESA on antanut huhtikuussa 2012 ennusteen, jonka mukaan Suomen ja muiden alipalautemaiden palautetaso yltää vuoden 2012 lopussa maille asetettuun minimitavoitteeseen. Tämä edellyttää sitä, että maille suunnitellut tukitoimenpiteet toteutetaan onnistuneesti. Sen sijaan ennusteen mukaan Suomelle vuoden 2014 loppuun asetetut tavoitteet eivät toteudu.

Yksityisen sektorin avaruusliiketoiminta on Suomessa pienimuotoista. Suora avaruustoiminnasta tuleva liikevaihto on noin 300 miljoonaa euroa, josta varsinainen laitevalmistus on noin 15 miljoonaa euroa. Avaruusliiketoiminnan ulkopuolella on kuitenkin huomattavan laaja elinkeinoelämän ja yhteiskunnan kokonaisuus, jonka toiminta rakentuu avaruustoiminnan tuloksiin ja infrastruktuuriin.

Arvioinnin perusteella esitetään suosituksia, joista keskeisimpiä ovat muun muassa seuraavat:

- On tarpeen säännöllisesti kerätä tiedot avaruustoiminnan rahoituksesta ja volyymistä eri hallinnonaloilla. Lisäksi seurannan ja kehittämisen kannalta on tarpeen määritellä nykyistä täsmällisemmin, esimerkiksi standardisoituja toimialaluokituksia hyödyntäen, mitä avaruustoiminnalla tarkoitetaan Suomessa yleensä ja erityisesti eri toiminnan sektoreilla.
- Tekesin ja Suomen Akatemian nykyinen rahoitus ei vastaa kaikkeen avaruustoiminnan ja sen sovellusten kehittämistarpeeseen. Erityisesti sektoriministeriöissä on syytä arvioida omia avaruustoiminnan kehitystarpeita ja pohtia, millaista täydentävää rahoitusta tarvitaan toiminnan kehittämiseen. Näiden pohjalta on mahdollista harkita, onko kehittämisen tueksi tarpeen rakentaa jonkinlainen kansallinen avaruusohjelma.
- Suomella on mahdollisuudet toimia edelläkävijänä vain joillakin kapeilla tutkimuksen ja toiminnan alueilla, mutta Suomi voi olla aktiivinen kansainvälisten infrastruktuurien hyödyntäjä ja sovellusten tuottaja.
- Suomen avaruusstrategia kaipaa tehokkaampaa operationalisointia: tavoitteiden täsmällistä asettamista ja niihin sitoutumista, riittävää resursointia, toimeenpanovastuiden (mahdollisesti uudelleen) määrittelyä sekä strategian edistymisen ja tuloksellisuuden jatkuvaa seurantaa. Tavoitteet ja avainmittarit tulisi julkistaa. Tähän liittyen arvioinnissa on annettu suositus avaruustoiminnan yhteiskunnallisen vaikuttavuuden viitekehykseksi (liite 8).

English summary

In autumn 2011, Tekes – the Finnish Funding Agency for Technology and Innovations, which coordinates the activities of the advisory body of the Finnish Space Committee, ordered an assessment of Finnish space activities from Ramboll Management Consulting Oy. An impact model, jointly developed by Tekes and the Academy of Finland, has been used as a foundation for an assessment that supports the new strategy work done by the Finnish Space Committee. The framework for the assessment has been the proactive evaluation of effectiveness that directs attention particularly to the prerequisites and conditions that make it possible to make an impact. Assessment material was collected through interviews, an electronic survey, document analysis, and expert workshops.

Development of space activities

The development of space activities in the 21st century has been dominated by three trends: 1) the growing popularity of applications of space activities and an expansion of the fields of application, 2) the internationalisation of space activities and the rise of new space actors, and 3) an increase of the strategic significance of space activities (particularly in the security and defence sectors). At the same time, the general framework of space activities has been strongly influenced by the economic situation in Europe which has, for its part, increased the pressure to ensure the economic and social impacts of space activities.

Alongside the European Space Agency (ESA), Finland is an integral part of decision-making in the European Union (EU) and consequently an active participant in the EU's space projects. Space activities hold an increasingly important position in European politics, and the European Parliament recently announced its intention to draw up a common European space strategy.

Organisation of space activities

Public activities of the space industry in Finland are coordinated by the Finnish Space Committee, whose central policy is set out in the national space strategy. In the assessment, various actors strongly express the view that the Finnish space strategy has not been made operational clearly enough and has therefore not been executed efficiently. The current organisation, which transcends different branches of administration, is light and flexible but also loose and therefore inefficient. However, Finnish national space activities are not extensive enough to warrant a permanent organisation such as a national space agency, but the current organisation and strategy require some kind of executive mechanism, such as a national space programme.

Public-sector investments in space activities

For Finnish space activities, the key sector-specific ministries are the Ministry of Employment and the Economy, the Ministry of Education and Culture, the Ministry of Transport and Communications, the Ministry of the Environment, the Ministry of Agriculture and Forestry, and the Ministry of Defence. Key financing organisations include Tekes and the Academy of Finland. Central research organisations include universities and research institutes, especially the Finnish Meteorological Institute, VTT Technical Research Centre of Finland, the Finnish Environment Institute, and the Finnish Geodetic Institute. The Finnish Defence Forces and the Finnish Border Guard are also important utilizers of space activities.

In Finland the most significant channels for public investment in space activities include international programme activities and membership fees in international organisations, nationwide competitive funding of research institutes and enterprises through Tekes and the Academy of Finland, and budget financing by the various ministries for their own branch of administration. Finland's total investments in space activities are approximately €50 million per year. The investment has remained unchanged for the past few years. A significant portion (about €20 million, or 40%) of that investment is allocated to

Finland's membership and programme fees in the European Space Agency. Finland, like many other small member countries, has not managed to obtain assignments corresponding to its own share of payments from the agency and is thus one of the net contributors of ESA. The value of contracts received by Finland through its ESA operations ('ESA returns') has decreased in recent years and falls clearly below the average of ESA member countries. The improvement of Finland's returns rate is a concrete challenge, and solving it should be one of the most, if not the most, essential objective in Finnish space activities. Finnish competence in the space industry has been proven to be of high quality and this in itself gives good prerequisites for developing the country's space activities.

Commercial space activities

Space business in the private sector in Finland is of a fairly low volume. Direct turnover from space activities totals approximately €300 million, with actual equipment manufacturing accounting for about €15 million. That figure has remained relatively unchanged for the past couple of years. Outside the space business there exists, however, a notable combination of business and societal actors whose operation is, to a substantial degree, built on the results and infrastructure of space activities.

Results and effectiveness of space activities

All in all, Finnish space activities are small on an international scale, but in certain areas of specialisation Finns are significant actors and experts even in global terms. The most significant impacts are directed at developing competence in both the private and public sectors, and at securing the reception of satellite information as well as the impacts made possible by this information in terms of business operations and public-sector activities.

In the assessment, the effects of Finnish space activities are examined through three perspectives. They are: 1) impacts on business operations, 2) impacts on research and competence, and 3) impacts on the activities of the public sector. As far as results are concerned, one must state, however, that it is not possible to formulate a precise and reliable picture of Finnish space activities and its success and effectiveness with the current initial data. This is due to several reasons. First of all, the objectives and desired effects of national space activities have not been made operational so that their relevance and realisation could be clearly measured. Secondly, basic data on the scope of space activities are insufficient.

Impacts on business operations

The impacts on business operations of Finnish space activities are distinctly two-fold; direct influence on the Finnish space business and indirect effects on other areas of the business world such as data communications and logistics. The industry is characterised by the fact that its indirect effects can be considerably larger than direct impacts on business operations. It is, however, challenging to make a reliable assessment of the indirect effects.

In certain areas, the competence of the Finnish space industry is of very high quality but at the same time it is also very fragmented. Small Finnish companies cannot provide comprehensive solutions – instead, they must find their own place in international value chains. Experts emphasise the significance of volume for competitive operation. In lieu of direct business impacts, ESA operations are expected to produce synergies for the other business operations of enterprises that manufacture space equipment.

VTT, the Finnish Environment Institute, the Finnish Meteorological Institute and other sector-specific research institutes have an important role in the generation and cooperation of the space business. International research infrastructure offers enterprises and research agencies opportunities to deal with new and challenging technological solutions.

For Finland, the most promising business area in space activities is applications in smart traffic, even though the industry itself does not necessarily regard them as an actual component of space activities. Questions on open data policy are deemed important from the perspective of both public authorities and possible generation of business activities.

Another important form of business potential relates to the application of remote sensing. For the time being, competence in the field has been concentrated in public organisations, and needs are related to their activities. Potential for business operations is seen particularly in forest inventory. The hope is that forestry companies will utilise satellite materials as extensively as possible in helping to guide their own operations.

Effects on research activities and competence

It is a typical feature of Finnish space research that research units are profiled

in their own areas of specialisation, and in certain subject areas Finnish competence is among the best in the world. A challenge for Finnish space research is that there is low researcher mobility between domestic research groups. Large infrastructure is a necessary prerequisite which must be met before space research here can reach an international standard. Finnish research groups have managed to actively utilise international research infrastructures.

Space technology, which must function in a challenging environment, is an attractive research subject and also enables applications in other fields. In addition to teaching and research activities relating to space technology, universities operate in the remote sensing sector as well as to positioning and navigation technology. These branches, for their part, support Finnish space activities by creating competence in the fields, which is required in the application of satellite information. This competence can be utilised by both enterprises and public actors. In questions concerning climate change, for example, remote sensing and other activity related to the monitoring of the environment will play an ever more significant role in the future.

Space activities in Finland manifest as research-oriented. Indirectly, research activities also promote space business. Good cooperation between Finnish universities, research institutes and enterprises creates a foundation for all space activities. Similarly, competence in technology and equipment manufacturing is a requirement for high-quality space research. These effects are not limited solely within space activities if there is demand for competence in other sectors.

It is difficult to assess the broader significance that scientific effects of space research have for society. Typical results of research activities include scientific publications and theses which also have both direct and indirect impacts. Space research as a subject arouses a great deal of interest, which has a significant effect in terms of scientific communication. Space research increases public understanding of the universe, and research examples related to space are reportedly well-represented in scientific communication. For example, it is easy to stir up the interest of young people in natural sciences through space-related research.

Effects on public authorities

Characteristically, a large portion of space activities is implemented by or directed at the public sector. Much of the business in the industry also takes place outside of the open market and serves the public sector. That is why the effects of space activities are largely directed at the public sector, too. Indeed, public-sector actors play a role that permeates all space activities, starting with the allocation of activities as policy- and decision-makers; as a financier of research, infrastructure investments, and operation; as a developer of industry applications (especially sector-specific research institutions); and as a party that applies and utilises the results (such as utilisation of satellite information and remote-sensing data).

Use of indirect results enabled by space activities in the operation of public authorities takes place on a daily basis and is reflected in society on the whole. This is a necessity, and it also relates to the efficacy of public authorities. For example, satellite information has a central role in the reliability of weather forecasts. Monitoring the ice situation in the Baltic Sea through remote sensing, combined with the use of navigation and positioning technology, enhances the operations of ice-breakers and merchant ships. This is important in terms of the general safety of seafaring, the Finnish export industry, and the security of national maintenance and supply.

One of the biggest impacts is an enhancement in weather services. In addition, Finland does a lot of work on environmental monitoring that is important in the follow-up of effects of climate change and surveys of natural resources such as forests. Similarly, snow data are used in flood forecasting and in the optimisation of hydroelectric power. From an expert point of view, remote-sensing and positioning data produced by space activities have brought significant improvements in public services. However, the provision of services with new and better methods requires critical review. Solutions offered by space activities must compete with traditional methods in terms of price, quality, and reliability of operation.

The industry's outlook for the future

Experts in the space industry have strong faith in the growing significance of space activities. They believe that the social significance of those activities will increase and the possibilities of space activities will be used to a greater degree than before, especially in the public sector. The on-going trend of releasing publically produced information will probably promote the development of different applications

and services generated on the basis of space activities.

The possibilities of business operations utilising positioning and satellite information, in particular, are deemed to be very significant. Applications in smart traffic are often elevated as Finland's special strengths and opportunities. On the contrary, even device manufacturers do not believe in any significant growth in the manufacture of space equipment. There is fear that the commercial and institutional space markets will actually contract and that competition will become increasingly harsh for Finnish suppliers. Therefore, one should look for growth and benefits within space activities in its wider sphere of influence.

Recommendations

The following is a summary of recommendations for development presented in the assessment.

For RDI within the industry

With regard to future development of RDI activities in the space industry

1. Information on the funding and volume of space activities should be collected on a regular basis, enabling better monitoring of the development of the activity.
2. In terms of the follow-up and development of space activities, it is necessary to produce a more precise definition of what space activities (and related RDI) mean in Finland in general and especially in various sectors.
3. As a general guideline, it seems advisable that we should try to establish strong connections with international infrastructure and development projects (EU, ESA, etc.) and take advantage of the opportunities derived from them, and to allocate our national investments to support them as much as possible.

With regard to international programmes and initiatives, and how to have a greater impact on them

4. Finnish actors should communicate more actively on initiatives that are in preparation and coordinate their influence on them.
5. The Finnish Space Committee must have a comprehensive general view of the situation, and the prerequisites to forecast initiatives that are important for Finland and bring them under closer monitoring and preparation and, if necessary, mobilise experts in support of the preparation.

For Tekes and other financiers

With regard to funding practices and the development of services

6. Tekes should draw up a more detailed definition of which projects funded by it are included in space activities and initiate follow-up of project financing on space activities.
7. The sector-specific ministries, in particular, should evaluate their own needs for developing space activities and consider the kind of supplementary financing needed to enhance the activities. On that basis, it will be possible to discuss whether some kind of national space programme should be constructed in support of the development.
8. A greater number of enterprises must be brought into the fold, which requires systematic measures. Here, the primary responsibility lies with Tekes.

With regard to better utilisation of the results

9. In addition to actual business operations relating to space, more investments should be allocated to the comprehensive utilisation of the results, applications, information and infrastructure of space activities in other areas of business.
10. The goal should be a survey and enhancement of the national 'space cluster', to have a much larger group of suppliers and business partners connected to it, which is also able to benefit from the opportunities opened by the space activities.
11. Strategic Centres for Science, Technology and Innovation, especially CLEEN, TIVIT, and the Forest cluster, have synergy areas with applications in remote sensing, satellite positioning, and smart traffic. Discussions should be held with them on whether it is possible to find new research and development packages where the parties could include sector-specific research institutes and universities and which would have the prerequisites to reach the international top level in various areas of application.

For space and innovation policy

12. For Finland, it is important to consider how our investments in space activities, which are small on a global scale, can benefit our social objectives as well as possible.

13. In strategy work it is important to identify top Finnish competence, activate impact mechanisms on international infrastructure and ensure that we are quick and efficient when it comes to the application of competence.

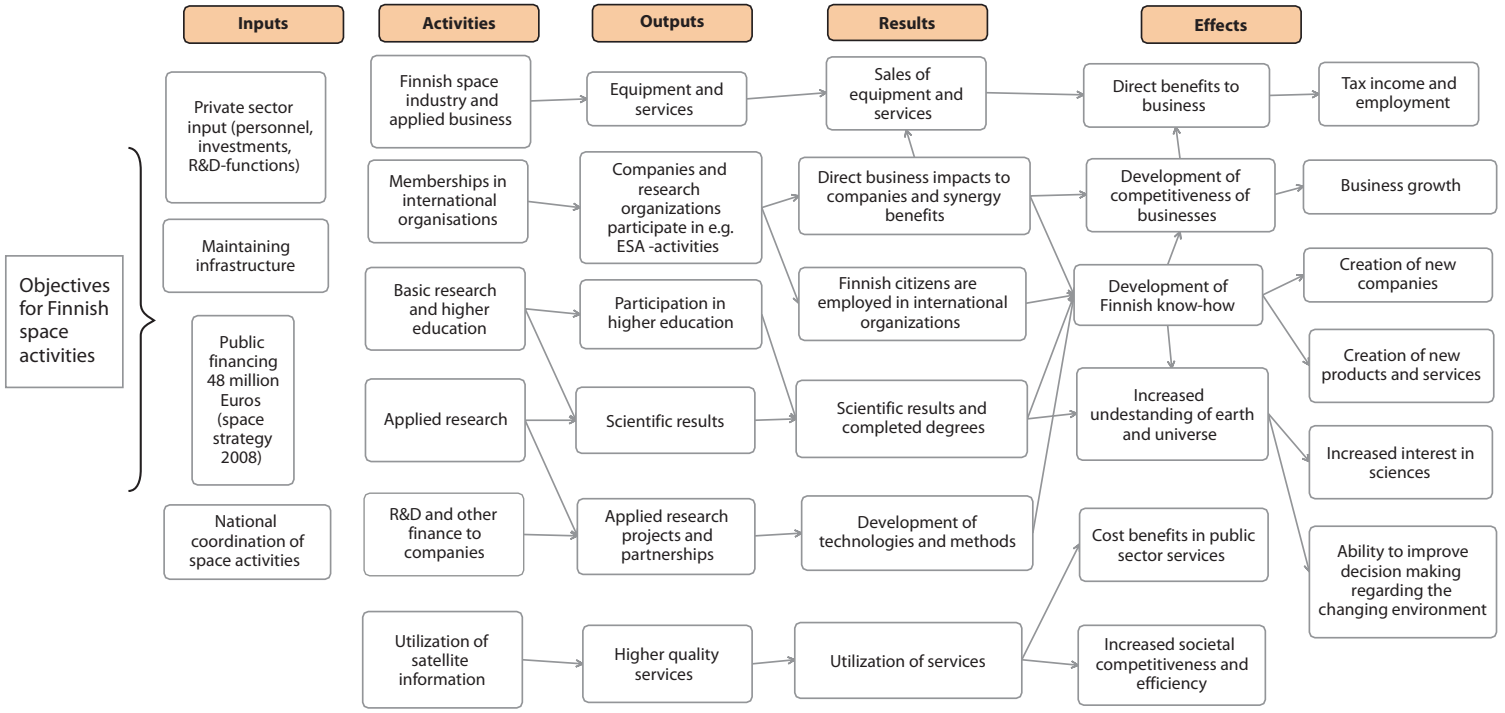
14. The Finnish space strategy needs operations that are more efficient: the precise setting of objectives and commitment to them, sufficient resources, (possible re-) definition of executive responsibilities, and constant follow-up of the progress and results of the strategy. Goals and key indicators should be made public. The appendix to this report presents recommendations for a framework of societal impacts of space activities.

15. We recommend that, in future, the Finnish Space Committee and the Finnish space strategy utilise the framework presented in this report to enhance the effectiveness of space activities.

16. Within the Committee, responsibility for promoting the effectiveness of space activities can be divided to the substance ministries; the promotion of research and competence impacts can probably be handed over for coordination by the Ministry of Culture and Education. The promotion of effects on public authorities can be given to the Ministry of Transport and Communications for coordination, and the promotion of business impacts in turn to the Ministry of Employment and the Economy.

The national space strategy should set effectiveness goals for all three directions of influence, and the responsible ministries could act as purchasers in accordance with the purchaser-provider model. National needs for additional financing should be tied to objectives relating to results and effectiveness.

Intervention logic for Finnish space activities.



1 Johdanto

Avaruusasiain neuvottelukunnan (ANK) sihteeristön toimintaa koordinoiva Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus Tekes tilasi syksyllä 2011 Suomen avaruustoiminnan arvioinnin Ramboll Management Consulting Oy:ltä. Arviointi aloitettiin heinäkuussa 2011. Tässä raportissa esitellään arvioinnin tulokset, johtopäätökset ja kehittämisehdotukset.

Viimeisten vuosien aikana avaruustoiminnan merkitys niin kansainvälisesti kuin kansallisestikin on ollut kasvussa ja toiminnan kenttä on muuttunut. Kansainvälinen avaruustoiminta elääkin tällä hetkellä muutosvaihetta painopisteen siirtyessä tieteellisestä tutkimuksesta uusiin sovelluksiin, esimerkiksi satelliittien hyödyntämiseen yhteiskunnan palveluissa ja kaupallisissa sovellutuksissa.

Muun muassa Euroopan avaruusjärjestön (ESA) laajentuminen, EU:n vahvistuva rooli erityisesti GMES- ja Galileo-hankkeiden myötä sekä kansalliset avaruusohjelmat muuttavat avaruustoiminnan perinteisiä rakenteita ja kiristävät alan kilpailuasetelmia, joissa pärjätäkseen myös Suomen tulee tarkastella omia avaruustoiminnan strategisia ja toiminnallisia lähtökohtiaan ja toiminnan vaikuttavuutta.

Avaruustoiminnassa ja sen vaikutusten arvioinnissa ei ole kyse tarkoin rajatusta teollisuudenalasta, vaan avaruustoiminnan soveltamisala ulottuu lähes kaikille yhteiskunnan eri osa-alueille ja sektoreille turvallisuudesta ja teknologiateollisuudesta aina ympäristö- ja opetustoimintaan asti. Toisin sanoen avaruusteknologian sovellukset ovat kansalaisten, viranomaisten ja yritysten käytössä päivittäin. Avaruustoiminnan laajuudesta johtuen eri yhteyksissä on suosittu laajaa avaruustoiminnan määritelmää. Esimerkiksi OECD on määritellyt avaruustoiminnan kattavan kaikki julkiset ja yksityiset toimijat, jotka ovat mukana kehittämässä, tarjoamassa ja käyttämässä avaruusteknologiaan ja -tutkimukseen pohjautuvia tuotteita ja palveluita. Näin ollen myös avaruustoiminnan vaikutukset ulottuvat monille talouden ja yhteiskunnan eri aloille.[1]

Avaruustoiminnan laaja-alaisuus ja läpileikkaavuus mahdollistaa myös hyvin monet erilaiset (kansalliset ja kansainväliset) tulkinnat avaruustoiminnalle. Sen seurauksena panostusten vertailu niin kansainvälisellä kuin kansallisellakin tasolla on hyvin hankalaa. Kansainvälinen yhteistyö vertailtavuuden parantamiseksi on kuitenkin lisääntynyt. Esimerkkinä siitä ilmestyy kuluvan vuoden (2012) huhtikuussa OECD:n julkaisuna metodologinen käsikirja avaruustoiminnan indikaattoreihin ja tilastoihin liittyen.[2] Suomalaista avaruustoimintaa yhteen kokoavassa *Kansallisessa avaruusstrategiassa 2009–2011* avaruustoiminnalla tarkoitetaan "avaruusteknologian suunnittelua ja valmistamista, avaruuteen sijoitetun infrastruktuurin avulla tehtävää tutkimusta sekä palvelu- ja liiketoimintaa".[3]

Eurooppalaisen avaruuspolitiikan mukaisesti vahva eurooppalainen avaruusteollisuus edellyttää selkeitä tavoitteita kansallisilta toimijoilta. Tämä puolestaan edellyttää selkeää näkemystä niistä vaikutusketjuista, joilla nämä tavoitteet voivat olla saavutettavissa ja mitattavissa.

---

1 The Space Economy at a Glance 2011.

2 The Space Economy at a Glance 2011; http://www.oecd.org/dataoecd/25/52/38560515.pdf

3 Kansallinen avaruusstrategia 2009–2011. Periaatteet, tavoitteet ja toimenpiteet. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Innovaatio 11/2009, 5.

2

Arvioinnin tausta, tavoitteet ja toteutus

2.1 Avaruustoiminnan organisoituminen, julkinen rahoitus ja kansallinen avaruusstrategia

Avaruustoiminnan organisoituminen

Toisin kuin monissa muissa maissa, esimerkiksi Ruotsissa ja Norjassa, Suomessa ei ole erillistä avaruusasioista vastaavaa virastoa tai avaruushallintoa. Suomen avaruustoiminnan strategisista linjauksista (mm. Kansallinen avaruusstrategia) vastaa työ- ja elinkeinoministeriön yhteydessä toimiva avaruusasiain neuvottelukunta (ANK), jossa on edustajat avaruustoiminnan kannalta keskeisiltä hallinnonaloilta sekä mm. puolustusvoimista, rajavartiolaitoksesta ja Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistyksestä (PIA ry).[4]

ANK:n tehtävänä on "tehdä selvityksiä ja esityksiä sekä antaa lausuntoja avaruusalan tutkimuksen ja koulutuksen sekä alan teollisen toiminnan kehittämiseksi, avaruustoiminnasta saatavan tiedon hyödyntämiseksi sekä alan suomalaisten osapuolten yhteistoiminnan kehittämiseksi".[5] Lisäksi neuvottelukunta valmistelee Suomen kannan ESAn ministerikokouksiin sekä vastaa laajempien kansainvälisten avaruushankkeiden arvioinnista Suomen kannalta ja niihin liittyvän kansallisen rahoituksen koordinoinnista. ANK:n työtä tukee eri alojen asiantuntijoista muodostettu sihteeristö, jonka toimintaa koordinoi Tekes.

Yleiskuva julkisen sektorin avaruustoiminnan panostuksista

Suomessa avaruustoiminnan julkisen panostuksen tärkeimmät kanavat ovat

1. kansainvälinen ohjelmatoiminta ja kansainvälisten järjestöjen jäsenmaksut
2. kansallinen kilpailtu rahoitus tutkimuslaitoksille ja yrityksille Tekesin ja Suomen Akatemian kautta
3. eri ministeriöiden omalle hallinnonalalleen budjettirahoitus

Kansallisessa avaruusstrategiassa esitetyn arvion mukaan julkinen panostus avaruustoimintaan oli vuonna 2008 noin 48 miljoonaa euroa, josta avaruustoimintaan liittyvien kansainvälisten jäsen- ja ohjelmamaksujen (ESA, EUMETSAT, ESO, EISCAT, NOT) muodostama osuus oli noin 25 miljoonaa euroa. ESAn maksujen osuus oli tästä noin 16 miljoonaa euroa. Rahoitus jakautui eri toimijoiden välille strategiassa esitetyn arvion mukaan seuraavasti: [6]

Taulukko 1. Julkisen sektorin panostukset avaruustoimintaan 2008.
Lähde: Kansalliset avaruusstrategiat 2005–2007 ja 2009–2011

Rahoittaja	M €
Tekes	22,0
Liikenne- ja viestintäministeriö	8,2
Opetusministeriö	6,8
Työ- ja elinkeinoministeriö	3,9
Suomen Akatemia	3,3
Maa- ja metsätalousministeriö	3,3
Ympäristöministeriö	0,5
Yhteensä	**48**
Josta ohjelmamaksujen osuus	n. 25

[4] ANK:n kokoonpano asetetaan valtioneuvostossa. Vuoden 2012 alussa ANK:ssa oli edustajat seuraavista organisaatioista: Työ- ja elinkeinoministeriö, ympäristöministeriö, Puolustus- ja ilmailuteollisuusyhdistys (PIA), maa- ja metsätalousministeriö, ulkoasiainministeriö, Suomen Akatemia, Rajavartiolaitos, liikenne- ja viestintäministeriö, Tekes, puolustusvoimien pääesikunta, Ilmatieteen laitos sekä opetus- ja kulttuuriministeriö.

[5] www.avaruus.info

[6] Kansalliset avaruusstrategiat 2009-2011 ja 2005-2007; www.avaruus.info

Kansallinen avaruusstrategia

ANK:n laatimassa kansallisessa avaruusstrategiassa on esitetty yhteensä viisi avaruustoiminnan tärkeintä strategista tavoitetta sekä määritelty toimenpiteitä niiden saavuttamiseksi. Nämä tavoitteet toimenpiteineen kuvataan lyhyesti seuraavassa. Kokonaisuudessaan lista tavoitteista ja toimenpiteistä on tämän raportin liitteenä.

- Ensimmäinen strategiassa mainittu tavoite on "vahvistaa avaruustoiminnan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämistä yhteiskunnan ja elinkeinoelämän tarpeita ajatellen sekä kestävän kehityksen edistämisessä". Tavoitteen saavuttamiseksi on määritelty seuraavat neljä toimenpidettä, jotka liittyvät eurooppalaiseen päätöksentekoon vaikuttamiseen, avaruustoiminnan kansallisen rahoituspohjan vahvistamiseen, avaruuskäyttöön soveltuvan teknologian kehittämiseen sekä viestintään avaruustoiminnan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämisestä liiketoiminnassa, tutkimuksessa, koulutuksessa ja yhteiskunnallisessa päätöksenteossa.
- Toisena tavoitteena on "edistää globaalia liiketoimintaa ja elinkeinoelämän kilpailukykyä avaruustoiminnan mahdollistamin keinoin". Tämän tavoitteen alle on kirjattu kuusi toimenpidettä, jotka ovat mm. avaruustoiminnan ja ESA-ohjelmamaksujen rahoitusperiaatteiden selvittämiseen; osaamisen, teknologian ja infrastruktuurin käyttöönoton lisäämiseen; eurooppalaisen toimintaympäristön muutoksen ennakointiin; sekä yritysten toimintamahdollisuuksien tunnistamiseen.
- Kolmantena tavoitteena on "vahvistaa Suomen roolia aktiivisena toimijana kansainvälisessä tiede- ja tutkimusohjelmissa sekä avaruusteknologian kehittäjänä". Tätä tavoitetta tukemaan on määritelty viisi toimenpidettä liittyen eurooppalaiseen TKI-toiminnan suuntaamiseen vaikuttamiseen, TKI-aloitteisiin osallistumiseen, perustutkimuksen vahvistamiseen, tutkimusinfrastruktuurin ja -rahoituksen kehittämiseen sekä koulutustarjonnan monipuolistamiseen ja tutkijoiden kansainvälisen liikkuvuuden tukemiseen.
- Neljäntenä strategisena tavoitteena on "edistää avaruuden rauhanomaisen käytön tavoitteita osana kansainvälistä oikeutta ja politiikkaa". Se pitää sisällään mm. eurooppalaisen yhteistyöhön osallistumisen, vaikuttavuuden edistämisen ympäristö-, ilmasto- ja kehityspolitiikassa sekä kansainvälisen vientivalvonnan täytäntöönpanon edistämisen.
- Viidentenä tavoitteena on "kehittää hallinnonalojen sekä yksityisen ja julkisen sektorin välistä yhteistoimintaa". Strategiassa esitettyjä toimenpiteitä tähän liittyen ovat mm. kansallisen toimeenpanosuunnitelman toteuttaminen, tarvelähtöisyyden ja vaikuttavuuden tehostaminen, viranomaisten roolien selkeyttäminen sekä muiden yhteistyömahdollisuuksien selvittäminen.

Tavoitteet sekä niiden alle sijoitetut toimenpiteet ovat luonteeltaan hyvin strategisia ja eri hallinnonalojen rajat ylittäviä. Tarkempia, esimerkiksi toimijakohtaisesti eriteltyjä tavoitteita tai mittareita niiden toteutumisen arvioimiseksi ei strategiassa ole määritelty, mutta strategian tueksi on laadittu kansallinen toimeenpanosuunnitelma, jossa toimenpiteet ja vastuut on kuvattu tarkemmin.

2.2 Arvioinnin tavoitteet

Arvioinnin tavoitteeksi asetettiin taulukossa 2 esitettyihin tarjouspyynnön mukaisiin arviointikysymyksiin vastaaminen.

Lisäksi arvioinnin tavoitteeksi asetettiin johtopäätösten ja kehittämissuositusten antaminen seuraavien teemojen osalta:

A. Alan t&k&i-toiminnalle: Miten avaruusalan t&k&i-toimintaa voitaisiin kehittää jatkossa? Mitkä kv. ohjelmat ja aloitteet ovat alan kannalta merkityksellisimpiä ja kuinka niihin voitaisiin enemmän vaikuttaa?

B. Tekesille ja muille rahoittajille: Mitä konkreettisia ja toimivia hyviä käytäntöjä on tunnistettavissa rahoituksen ja muiden palveluiden kehittämiseen? Miten tulosten hyödyntämistä voidaan tehostaa?

C. Avaruus- ja innovaatiopolitiikalle: Miten kansallisen avaruusstrategian, kansallisen innovaatiostrategian ja innovaatioympäristön arvioinnin suositukset tulisi huomioida? Mitä muita toimenpiteitä avaruus- ja innovaatiopolitiikassa on tarpeen tulosten hyödyntämisen ja vaikuttavuuden parantamiseksi?

Arvioinnin läpikäyvänä tavoitteena oli tunnistaa suomalaisen avaruustoiminnan sosioekonomisia vaikutuksia ennakoivan vaikuttavuusarvioinnin keinoin. Lisäksi arvioinnissa kartoitettiin avaruustoiminnan eri toimijoiden näkemyksiä suomalaisen avaruustoiminnan

Taulukko 2. Arvioinnin tavoitteeksi asetetut arviointikysymykset.

Kuvaus toimintaympäristön kehityksestä
1. Mitä merkittäviä muutoksia on tapahtunut avaruustoiminnan toimintaympäristössä 2000-luvulla?
Tavoitteet, tulokset ja vaikutukset
2. Kuinka hyvin avaruustoimintaan liittyvät tavoitteet ovat toteutuneet? Mitä tärkeimpiä tuloksia on saatu? Mitkä tulokset olisivat jääneet toteutumatta ilman ohjelmia ja muuta avaruustoiminnan panostusta? Miten relevantteina ja haasteellisina tavoitteita voi pitää?
3. Kuinka hyvin tavoitettiin tärkeimmät asiakas- ja hyödyntäjäryhmät? Miten Tekes on vienyt avaruustoimintaan liittyviä tavoitteita ja strategisia valintoja käytännön toimintaansa (toimintatavat, toimenpiteet ym.)?
4. Miten vaikuttavuusmallin päämääräkohtaiset vaikutukset ovat toteutuneet avaruustoiminnassa 2000-luvulla? Miten pysyvinä, laajoina ja merkittävinä vaikutuksia voi pitää? Missä määrin ja millä tavoin avaruustoiminnan tuki on vaikuttanut i. alan t&k&i-panostukseen ii. osaamisen kehittymiseen iii. kotimaisten ja kv. verkostojen muodostumiseen iv. merkittäviin innovaatioihin ja liiketoimintamahdollisuuksiin v. yritysten kasvuun ja kansainvälistymiseen vi. julkisella sektorilla innovaatiotoimintaan ja innovaatioiden hyödyntämiseen vii. hyvinvoivaan yhteiskuntaan ja ympäristöön Miten edellä mainitut kohteet (i-vii) ovat kehittyneet case-esimerkeillä kuvattuna tai indikaattoreilla mitattuna?

organisoitumisesta ja sen toimivuudesta. Erityishuomiota kiinnitettiin myös avaruustoiminnan kansainvälisen luonteen ja sen kansallisen tason merkitysten tunnistamiseen.

Edellä esitettyjen tavoitteiden ja arviointikysymysten lisäksi arviointiyön edetessä on tunnistettu sellaisia muita alueita ja tarpeita, joihin avaruustoiminnan vaikuttavuuden arvioinnissa on ollut oleellista kiinnittää huomiota. Näitä ovat olleet erityisesti suomalaisen avaruustoiminnan deskriptiivinen kuvaus sekä avaruustoiminnan vaikutusketjujen tunnistaminen ja vaikuttavuusmallin luominen. Nämä havainnot ja arvioinnin yhteydessä käydyt keskustelut ovat ohjanneet työtä osaltaan myös alkuperäisen kysymyksenasettelun ulkopuolelle deskriptiiviseen suuntaan.

Yhdeksi arvioinnin tuotokseksi nousikin suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmallin kuvaaminen. Avaruustoiminnan vaikuttavuusmallin ja sen logiikan avaaminen palvelevat avaruustoiminnan kokonaisuuden ymmärtämistä. Yksittäisten vaikutusten tunnistamisen ja tarkan kuvaamisen sijaan työssä on ollut oleellista tunnistaa erilaisia avaruustoiminnan vaikuttavuuden ilmenemismuotoja ja ymmärtää niitä osana toiminnan kokonaisuutta.

Arvioinnin toimeksiannossa avaruustiede rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Näin ollen tässä arvioinnissa keskitytään avaruustoiminnan sosioekonomisiin vaikutuksiin, joissa tieteellisiä ja tutkimuksellisia ulottuvuuksia tarkastellaan yhtenä osana toiminnan kokonaisuutta.

2.3 Arvioinnin viitekehys

Avaruustoiminnan arvioinnin yleinen viitekehys

OECD:n vuonna 2011 julkaisemassa The Space Economy at a Glance 2011 -raportissa[7] avaruustoiminnan pysyväluontoisia taloudellisia vaikutuksia kategorisoidaan neljään luokkaan. Ensinnäkin raportissa puhutaan 1) uusien tuotteiden ja palveluiden avaamista kaupallisista mahdollisuuksista. Yrityksille avaruustoimintaan investoiminen voi tuottaa sekä uusia avauksia tai asiakkuuksia avaruussektorilla että kokonaan uudenlaisia tuotteita avaruustoiminnan ulkopuolella. Toiseksi, avaruustoimintaan investointi voi synnyttää 2) satelliitti-infrastruktuuriin perustuvaa laajamittaista liiketoimintaa. Kolmanneksi, avaruustoiminnan investointien on tunnistettu mahdollistavan 3) tuottavuuden ja tehokkuuden kasvua useilla erilaisilla talouden sektoreilla. OECD:n raportissa esimerkkeinä käytetään maanviljelystä, kalastusta ja yleisesti logistiikkaa. Mahdollisuus hyödyntää erilaisia tietoliikenne- ja paikan-

[7] The Space Economy at a Glance, OECD 2011.

nusjärjestelmiä auttaa tehostamaan lukuisia erilaisia toimintoja. Neljäntenä vaikuttavuusnäkökulmana tunnistetaan 4) mahdollisuus välttää erilaisia kustannuksia investoimalla avaruustoimintaan. Esimerkiksi ympäristön monitorointiin liittyvä teknologia auttaa varautumaan esimerkiksi tulvien kaltaisiin riskeihin, mikä voi potentiaalisesti säästää ihmishenkiä ja omaisuutta.[8]

Kansallisen tason avaruustoiminnan vaikuttavuuden arvioinneissa tulee ottaa huomioon kunkin maan paikallinen konteksti, mikä asettaa omia haasteitaan erityisesti avaruustoiminnan määrittelyn ja erilaisten vaikutuslogiikoiden kautta. Kuten OECD:n raportissa mainitaan, käytetään avaruustoiminnan vaikutusten mittaamiseksi eri maissa ja organisaatiossa erilaisia malleja – johtuen osittain yhteisen mallin puutteesta, mutta myös siitä, että tutkimusten kohteet ovat erilaisia. Tämä todetaan myös Suomen kansallisessa avaruusstrategiassa seuraavasti:

> *"Välillisten vaikutusten arviointi on […] kehittymätöntä. Vaikka tarve on ilmeinen, ei yhteisesti hyväksyttyä tilastointimenetelmää vielä kuitenkaan ole."*[9]

Avaruustoiminnan panos-tuotoshyötyä voidaan tarkastella useilla erilaisilla menetelmillä keskittyen tiettyjen toimintojen kehittämiseen tai tiettyihin ohjelmiin ja hankkeisiin osallistumiseen.[10] Esimerkiksi Ruotsissa on toteutettu arviointi avaruushallinnon (Rymdstyrelse) teknologiakehityksen rahoituksen vaikutuksista[11], kun taas Tanskassa on arvioitu ESA-jäsenyyden taloudellisia vaikutuksia[12]. Iso-Britanniassa avaruustoimintaa on arvioitu erityisesti avaruusteollisuuteen kohdistuneiden vaikutusten näkökulmasta.[13]

Kuten todettu, on avaruustoiminnan mittaamisen ja tilastoinnin kansainvälinen metodologia työ edennyt siten, että keväällä on määrä ilmestyä OECD:n julkaisu aiheesta.

Vaikuttavuusarvioinnin viitekehys

Tämän arvioinnin viitekehyksenä ja vaikuttavuusmallin pohjana on tarjouspyynnössä esitetyn vaatimuksen mukaisesti Tekesin ja Suomen Akatemian yhdessä kehittämä vaikuttavuusmalli.[14] Kyseistä mallia hyödyntävä, arvioinnin aikana laadittu suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli on kuvattu luvussa 4.

Ennakoiva vaikuttavuuden arviointi

Tarjouspyynnön mukaisesti avaruustoiminnan arviointia lähestytään ennakoiva vaikuttavuuden arvioinnin keinoin. Ennakoiva vaikuttavuusarviointi suuntaa huomiota erityisesti siihen, millä edellytyksillä ja missä olosuhteissa vaikutuksien syntyminen on mahdollista. Avaruustoiminnan kohdalla ennakoiva vaikuttavuusarviointi onkin keskeisessä roolissa, sillä avaruustoiminnassa tutkimus- ja kehittämishankkeet nivoutuvat usein laajempiin, monikansallisiin kehittämisohjelmiin ja järjestelmiin, joiden vaikutukset ja aikaansaannokset näkyvät vasta pitkällä aikavälillä.

Arvioinnin yhteydessä laaditun vaikuttavuusmallin kuvaamisen kautta avataan niitä keskeisiä kanavia, joita pitkin avaruustoiminnan vaikuttavuus voi syntyä. Tästä näkökulmasta arviointityön keskeinen tavoite on ollut vastata kysymykseen siitä, millä edellytyksillä ja missä olosuhteissa vaikutuksien syntyminen on mahdollista.

---

8 The Space Economy at a Glance. 79.

9 Kansallinen avaruusstrategia 2009–2011, 23.

10 The Space Economy at a Glance, 77-85.

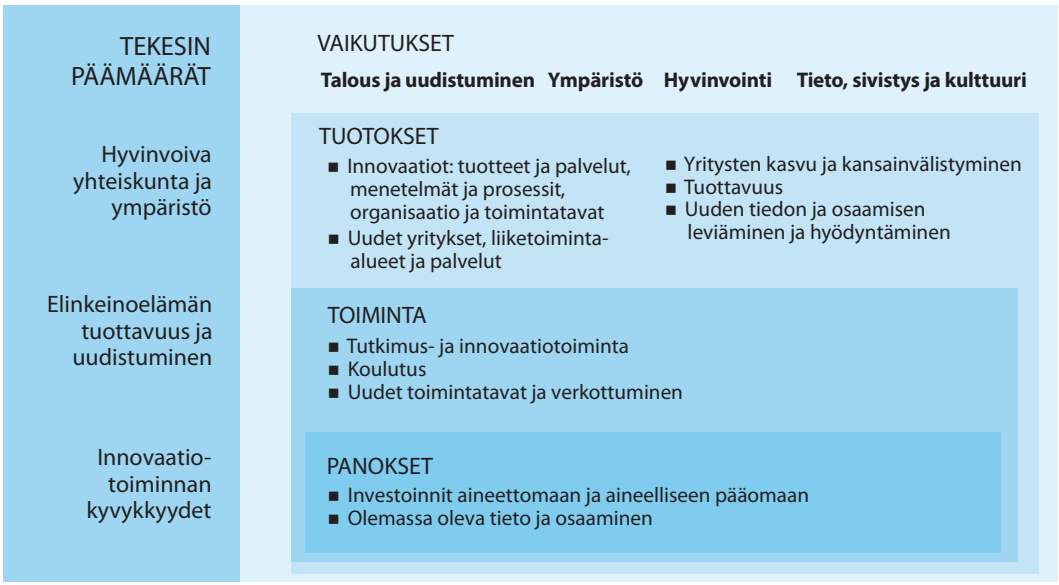
11 Effektutvärdering av Rymdstyrelsens finansiering av teknikutveckling. Impact evaluation of the Swedish National Space Board's funding of technology development. Technopolis group, 2010.

12 Evaluation of Danish Industrial Activities in the European Space Agency (ESA). Assessment of the economic impacts of the Danish ESAmembership, 2008.

13 The Space Economy in the UK: An economic analysis of the sector and the role of policy. BIS ECONOMICS PAPER NO. 3. February, 2010.

14 Päivi Luoma, Tuomas Raivio, Paula Tommila, Johan Lunabba, Kimmo Halme, Kimmo Viljamaa ja Henri Lahtinen: Better results, more value – a framework for analysing the societal impact of Research and Innovation. Tekes review 288/2011, 18-19.

Kuva 1. Tekesin ja Suomen Akatemian vaikuttavuusmalli.[15]



2.4 Arvioinnin toteutus ja aineistot

Avaruustoiminnan arviointi aloitettiin heinäkuussa 2011. Arviointityön ensimmäisessä vaiheessa kuultiin avaruusasiain neuvottelukunnan jäseniä. Haastatteluiden perusteella arviointityötä lähdettiin syventämään kolmen teeman kautta, joita arvioinnissa on käytetty työtä jäsentävinä näkökulmina. Nämä teemat ovat avaruustoiminnan liiketoimintavaikutukset, tutkimusvaikutukset ja vaikutukset julkisten organisaatioiden toimintaan. Nämä kolme teemaa jäsensivät toiseen vaiheen haastatteluiden kohdistumista. Lista arvioinnin yhteydessä haastatelluista henkilöistä on tämän raportin liitteenä.

Toisen vaiheen haastatteluissa keskityttiin syvemmin eri organisaatioiden näkemyksiin avaruustoiminnan vaikutuksista sekä sen potentiaalisesta vaikuttavuudesta eri hallinnonaloilla tai sektoreilla. Samalla keskusteluja käytiin avaruustoiminnan organisoitumisesta ja mahdollisista haasteista. Haastatteluiden ja asiakirjamateriaalin perusteella laadittiin suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli.

Arviointityön yhteydessä koottiin lisäksi tiedot suomalaisista panostuksista avaruustoimintaan eri hallinnonaloilla organisaatioittain. Aikaisemmat lähtötiedot Suomen avaruustoiminnan rahoituksesta olivat vuodelta 2008 ja tilanne oli tarpeellista päivittää. Rahoitustietojen keräämiseen laadittiin kaikille organisaatioille yhtenäinen lomake yhdessä Avaruusasian neuvottelukunnan sihteeristön kanssa. Lomake lähetettiin täytettäväksi kullekin tunnistetulle avaruustoimintaan osallistuvalle (julkiselle) organisaatiolle. Yksityisen sektorin avaruustoiminnan volyymia ja rahoitusta oli tuoreeltaan selvitetty varsin kattavasti, joten tietojen keruulle yrityksistä ei ollut vastaavaa tarvetta.

Avaruustoiminnan volyymin ja rahoitustietojen kokoaminen osoittautui ennakoitua haastavammaksi. Avaruustoiminnan määrittelyyn ja siten rahoituksen volyymin rajaamiseen ei ole ollut yhtenäistä käytäntöä, joten saatujen tietojen kattavuus ja vertailukelpoisuus osoittautuivat puutteellisiksi. Yhteisissä keskusteluissa päädyttiin

[15] Tekesin ja innovaatiotoiminnan vaikutukset 2011. Tekes.

lopulta ratkaisuun, jossa rahoitustiedosta esitetään suuntaa-antavia tietoja. Rahoitustiedon keräämiseen liittyvien haasteiden kautta on myös tunnistettu suomalaisen avaruustoiminnan organisointiin liittyviä kehittämiskohtia.

Avaruustoiminnan vaikuttavuusmallia, rahoitustietojen keruuta ja ar vioinnin havaintoja käsiteltiin kahdessa asiantuntijatyöpajassa, joihin kutsuttiin Avaruusasiain neuvottelukunnan ja sen sihteeristön jäseniä sekä muita arvioinnin yhteydessä kuultuja asiantuntijoita (liite 2). Työpajoissa keskusteltiin runsaasti vaikuttavuusmallista ja käydyt keskustelut ovat ohjanneet arviointityön raportointia.

Näiden toimenpiteiden lisäksi arvioinnissa toteutettiin sähköinen kysely vastaajajoukolle. Kysymykset määriteltiin yhdessä tilaajan kanssa. Vastaajajoukon muodostivat suomalaisten avaruusteollisuuden yritysten edustajat sekä tutkimuslaitosten ja viranomaisten edustajat. Kysely toimitettiin myös avaruusasiain neuvottelukunnalle ja sen sihteeristölle. Kyselyyn vastasi 32 henkilöä 74:sta kutsutusta ja vastausprosentti oli siten noin 43 %. Kyselyssä vastaajat jaettiin läpi arvioinnin hyödynnetyn jaottelun mukaan yrityksiin (12 vastaajaa), tutkimustoimijoihin (9 vastaajaa) sekä julkisten organisaatioiden edustajiin (11 vastaajaa). Kyselyaineistoa on hyödynnetty raportissa vahvistamaan haastatteluiden yhteydessä tehtyjä havaintoja.

Arviointityötä on ohjannut Tekesin edustajista koostunut ohjausryhmä. Arvioinnissa on otettu lisäksi huomioon Suomen avaruustoimintaa ohjaavan Avaruusasiain neuvottelukunnan ohjeistukset.

Arviointiraportin rakenne

Tässä raportissa keskitytään kuvaamaan arvioinnin aikana luotu suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli. Muuta arvioinnin aikana koottua aineistoa, esimerkiksi suomalaistoimijoiden näkemykset avaruustoiminnan nykytilasta ja tulevaisuudesta on koottu raportin liitteisiin.

Suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli kuvataan yleisellä tasolla luvussa 3, jonka jälkeen vaikuttavuusmallin osa-alueita esitellään tarkemmin luvuissa 4 ja 5. Luvussa 5 vaikuttavuusmallia on konkretisoitu kolmella case -kuvauksella, jotka osaltaan avaavat avaruustoiminnan liiketoimintaan, tutkimustoimintaan ja viranomaistoimintaan liittyviä ulottuvuuksia. Kuudennessa luvussa esitetään keskeiset johtopäätökset ja kehittämissuositukset.

3

Avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli

Kuvassa 2 on kuvattu arvioinnin yhteydessä kehitetty suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli. Malli pohjautuu useissa eri yhteyksissä ja arvioinneissa paljon käytettyyn vaikutuslogiikka-ajatteluun, johon myös edellisessä luvussa esitetty Tekesin ja Suomen Akatemian vaikuttavuusmalli perustuu. Avaruustoiminnan keskeiset vaikutuskanavat voidaan havainnollistaa tämän vaikuttavuusmallin kautta.

Vaikuttavuusmallin merkitys työvälineenä korostuu myös suomalaisen avaruustoiminnan kokonaisuutta hahmotettaessa. Tavoitteena on esittää tiivistetysti ja kootusti suomalaisen avaruustoiminnan keskeiset vaikutusketjut, minkä vuoksi malli on tarkoituksella yleisluontoinen.

Panokset

Vaikuttavuusmallissa panoksiksi on luokiteltu ne resurssit (esimerkiksi aika, raha ja osaaminen), joita käytetään asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Vaikuttavuusmallin lähtökohtana ovat julkisen sektorin panostukset, joiden osalta käytetään vuoden 2008 strategiassa esitettyä 48 miljoonan euron arviota. Panostuksiksi lasketaan myös kansallinen avaruustoiminnan koordinaatio ja infrastruktuurin ylläpito. Tämän lisäksi panostuksiin voidaan laskea avaruustoimintaan osallistuvan yksityisen sektorin toiminta.

Panostusten kohdalla tärkeää on myös tarkastella linkkiä panostusten ja toiminnalle asetettujen tavoitteiden kautta. Toisin sanoen vaikutusmallin kautta voidaan tarkastella sitä, miten panokset on kytketty tavoitteisiin.

Toiminta

Panostusten jälkeen vaikuttavuusmallissa tarkastellaan sitä konkreettista toimintaa, jota panostusten avulla tehdään. Toiminnaksi luetaan esimerkiksi eri organisaatioissa tehtävä tutkimustoiminta sekä kansainvälisten järjestöjen jäsenyydet ja osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön. Keskeistä avaruustoimintaa on myös satelliittiinformaation hyödyntäminen palveluissa ja sovelluksissa.

Tuotokset

Tuotoksilla tarkoitetaan suoraan toiminnan seurauksena syntyviä konkreettisia tuotoksia. Tässä tapauksessa tuotoksissa voidaan lukea esimerkiksi yritysten osallistumiset kansainväliseen ohjelmatoimintaan tai tutkimustulokset.

Tulokset

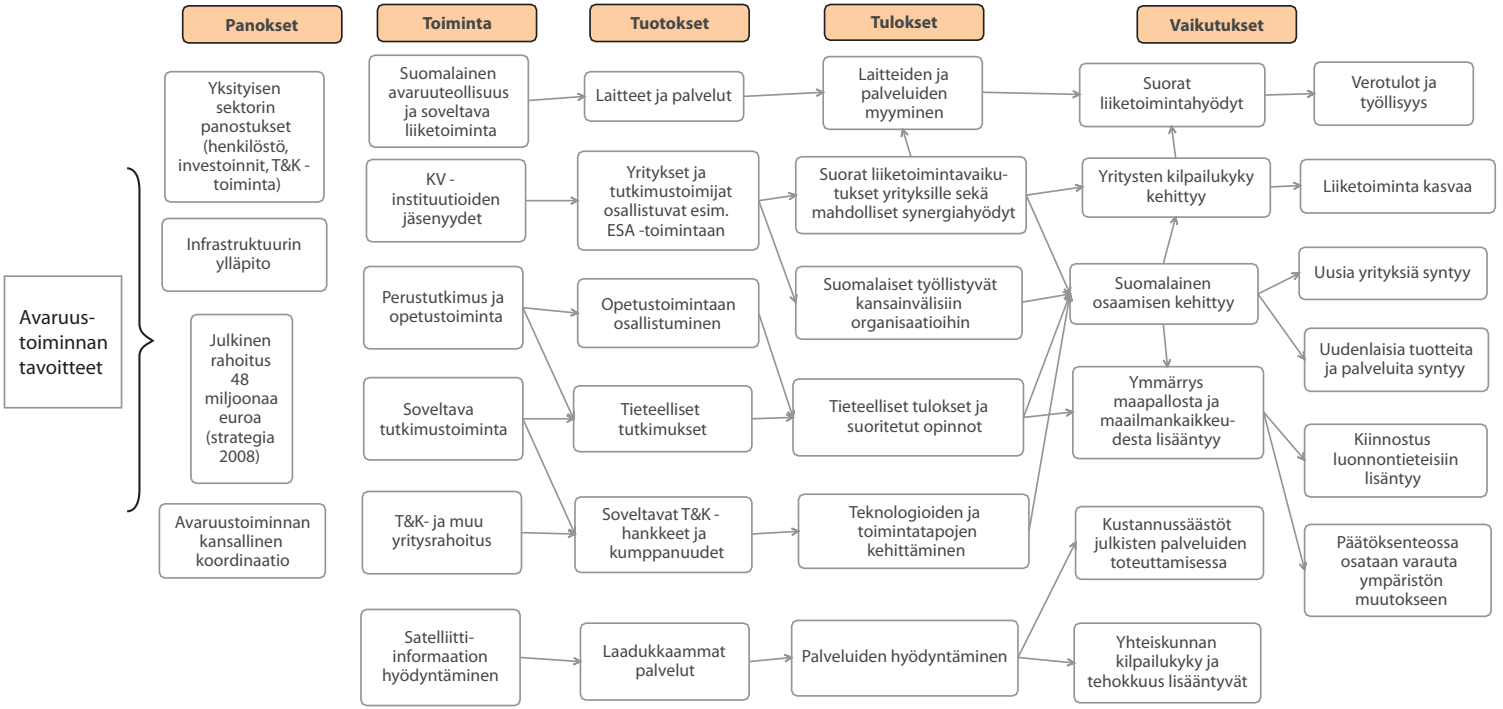
Tulosten ja tuotosten ero on siinä, että tulokset ovat syntyneet toiminnan myötävaikutuksesta, mutta edellyttävät usein myös muiden toimijoiden panosta ja onnistumista. Tekes voi esimerkiksi luoda mahdollisuuksia suomalaisille yrityksille osallistua kansainvälisiin hankkeisiin, mutta on myös hyvin pitkälti yritysten omasta toiminnasta kiinni, millaisia hyötyjä he siitä saavat.

Vaikutukset

Vaikutuksilla tarkoitetaan tuloksia pidempiaikaisia toimintakentässä tapahtuneita muutoksia. Vaikutukset voivat olla aiottuja tai ei-aiottuja, välillisiä tai välittömiä, myönteisiä tai kielteisiä. Vaikuttavuudella tarkoitetaan puolestaan laajoja ja yleisiä yhteiskunnassa tapahtuvia muutoksia, jotka kuvaavat sitä, missä määrin avaruustoiminnan vaikutukset ovat edistäneet toiminnan tuelle asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Vaikutusten osalta mallissa on tehty jako ensisijaisiin vaikutuksiin ja niihin perustuviin toissijaisiin vaikutuksiin.

Arvioinnin yhteydessä pidetyissä työpajoissa nostettiin esille, että vaikutusten suhteen on hyvä tehdä ero sellaisten asioiden suhteen, jotka ovat suoraan tavoiteltavia ja toissijaisena pidettävien vaikutusten suhteen. Erityisesti keskustelua herätti avaruustoiminnan kytkös avaruustieteeseen ja puhtaasti tieteellisten tulosten merkitys osana avaruustoiminnan vaikuttavuusmallia. Osa toimijoista kokee, että puhtaasti tieteelliset tulokset eivät voi pelkästään olla syy panostaa avaruustoimintaa, kun taas osalle ne ovat keskeinen toiminnan tulos.

Kuva 2. Suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli.



Tässä suhteessa onkin hyvä huomata, että erilaisia tuloksia ja vaikutuksia syntyy erilaisilla aikaväleillä. Tieteelliset tulokset voivat olla erittäin merkittäviä pitkällä aikavälillä, mutta arvioinnin yhteydessä käydyissä keskusteluissa korostuvat lyhyemmälle aikavälille asetetut tavoitteet.

Vaikutusmallin pohjalta arvioinnissa on hahmoteltu tarkastelutapa, jossa suomalaisen avaruustoiminnan vaikutuksia avataan kolmen arvioinnin aikana tunnistetun näkökulman kautta. Nämä näkökulmat ovat:

- **Liiketoimintavaikutukset.** Liiketoimintavaikutuksilla tarkoitetaan avaruustoiminnan synnyttämiä vaikutuksia esimerkiksi yritysten toimintaedellytysten luomiseen tai liikevaihdon kasvuun. Tässä yhteydessä tärkeää on tunnistaa se toiminta, joka mahdollistaa liiketoimintavaikutusten synnyn. Avaruustoiminnan välilliset liiketoimintavaikutukset ovat hyvin pitkiä ja ne näkyvät laajasti eri sektoreilla.
- **Tutkimus- ja osaamisvaikutukset.** Osaamisvaikutuksilla tarkoitetaan avaruustoiminnan synnyttämiä vaikutuksia suomalaisen osaamisen kehittymiseen esimerkiksi tutkimusorganisaatioissa, yrityksissä tai julkisella sektorilla. Tutkimusvaikutuksilla tarkoitetaan puolestaan esimerkiksi toiminnan vaikutuksia tieteen ja tutkimuksen laadun, relevanssin tai hyödyntämisen parantumiseen.
- **Vaikutukset julkisen sektorin toimintaan.** Vaikutuksilla julkisen sektorin toimintaan tarkoitetaan esimerkiksi avaruustoiminnan mukanaan tuomia mahdollisia kustannussäästöjä julkisen sektorin toiminnassa, palveluiden laadun parantumista tai yhteiskunnallisiin haasteisiin (esim. ilmaston lämpenemiseen) vastaamista.

Vaikka tulosten ja vaikutusten tarkastelu onkin seuraavissa luvuissa ryhmitelty näiden kolmen vaikutusalueen mukaan, on syytä huomioida, että vaikutusalueet ovat osittain päällekkäisiä ja ennen kaikkea vahvasti sidoksissa toisiinsa.

4

Avaruustoiminta ja panostukset Suomessa

Suomalainen avaruustoiminta julkisella sektorilla jakautuu usean eri ministeriön hallinnonalalle. Yksityisellä sektorilla avaruustoiminnassa voidaan puolestaan erottaa avaruusteollisuus (esimerkiksi satelliittien osien ja ohjelmistojen valmistus) sekä erilaiset satelliitti-informaatiota hyödyntävät palvelut ja sovellukset. Seuraavassa tarkastellaan ensin suomalaista avaruustoimintaa ja sen rahoitusta julkisella sektorilla tällä hetkellä. Sen jälkeen tarkastellaan suomalaista tämänhetkistä avaruustoimintaa yksityisellä sektorilla. Lopuksi kuvataan suomalaisten osallistumista kansainväliseen avaruustoimintaan.

4.1 Avaruustoiminta ja panostukset julkisella sektorilla

Seuraavassa kuvataan hallinnonaloittain avaruustoimintaan kohdennettuja panoksia[16] sekä sitä, mitä toimintaa panostusten kautta toteutetaan. Hallinnonalat on esitelty aakkosjärjestyksessä. Tarkastelun kohteeksi on otettu avaruustoiminnan kannalta keskeisimmät hallinnonalat. Myös muilla hallinnonaloilla on oman roolinsa puitteissa avaruustoimintaan liittyvää toimintaa. Esimerkiksi oikeusministeriössä käsitellään avaruuteen liittyvää lainsäädäntöä kun taas sisäministeriön hallinnonalalla esimerkiksi rajavartiolaitos hyödyntää avaruustoiminnan tuotoksia ja tuloksia.

4.1.1 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala

Liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) vuodelle 2010 myöntämästä budjettirahoituksesta avaruustoimintaan käytetty osuus kohdistui kokonaisuudessaan Ilmatieteen laitokselle.

Ilmatieteen laitos tuottaa ilmakehä- ja meriaiheiseen tutkimukseen pohjautuvia sää-, meri- ja ilmastopalveluja, joista tunnetuimpia ovat sääennusteet ja -varoitukset ja erilaiset mm. ilmanlaatua tai UV-säteilyä koskevat mittaukset. Ilmatieteen laitos osallistuu myös mm. EU:n rahoittamiin avaruusaiheisiin tutkimusprojekteihin (esim. CryoLand: pohjoisen pallonpuoliskon lumi- ja jääpeite, ECLAT: Maan magneettikehä ja siihen liittyen mm. revontuli-ilmiöt, IMPEx: Aurinkokunnan planeetat ja muut kohteet, SEPServer: Auringon hiukkaspurkaukset ja niiden tuottamat suurienergiset hiukkaset).[17] Muiden planeettojen ja aurinkokunnan tutkimusta Ilmatieteen laitoksessa tehdään ulkopuolisella rahoituksella. Ilmatieteen laitos toimii myös yritysten yhteistyökumppanina uutta teknologiaa ja ratkaisuja kehittävissä hankkeissa sekä tiiviissä tutkimusyhteistyössä yliopistojen kanssa.

Tulkinnat siitä, mikä osa mainitusta ja laitoksen muusta toiminnasta lasketaan avaruustoiminaan kuuluvaksi vaihtelevat kuitenkin suuresti. Joidenkin näkemysten mukaan lähes koko Ilmatieteen laitoksen toiminta voitaisiin katsoa kuuluvan avaruustoiminnan piiriin. LVM:n kautta Ilmatieteen laitokselle myönnetyt määrärahat vuonna 2010 olivat yhteensä yli 40 miljoonaa euroa.[18]

---

16 Huom. Raportin alussa kuvattu avaruustoiminnan määrittelyyn liittyvä haaste näkyy julkisen sektorin panosten tarkastelussa, sillä täsmällistä ja yksiselitteistä (kansallista) määritelmää avaruustoiminnalle ei ole. Näin ollen avaruustoimintaan liittyvä tilastointi ja rahoituksen laskenta on toteutettu eri organisaatioissa eri perustein. Tästä johtuen on tärkeää ottaa huomioon, että arviot panostuksista vaihtelevat suuresti eri laskentatavoista ja käytettävistä määritelmistä riippuen.
Arvioinnin osana toteutettu julkisen sektorin avaruustoiminnan panostusten tarkastelu osoittautui edellä mainituista syistä haasteelliseksi – paitsi arvioinnin toteutuksen, myös tiedonkeruun kohteena olleiden toimijoiden näkökulmasta. Tietojen huonosta vertailukelpoisuudesta johtuen olisi yksityiskohtaisten lukujen esittäminen tässä yhteydessä harhaanjohtavaa eikä näin ollen mielekästä. Luvussa 4.1.8 on esitetty yhteenvetotaulukko, jossa edellä esitettyä, vuoden 2008 lukuihin perustuvaa taulukkoa on täydennetty arvioinnin yhteydessä kerätyillä tiedoilla.

17 www.ilmatieteenlaitos.fi

18 http://budjetti.vm.fi/indox/tae/2010/he_2010.html

Ilmatieteen laitos ei kuitenkaan erityisemmin keskity avaruustutkimukseen tai korosta sitä osana toimintaansa.

Ilmatieteen laitoksen kautta maksetaan myös EUMETSAT:n jäsenmaksu ja muut järjestön toimintaan liittyvät (valinnaiset) maksut, joiden suuruus vaihtelee vuosittain. Vuonna 2010 maksut olivat yhteensä 3 645 000[19] euroa.

Budjettirahoituksen sekä järjestö- ja ohjelmamaksujen lisäksi Ilmatieteen laitoksen avaruustoimintaa rahoitettiin kansallisella kilpaillulla rahoituksella. Suurin osa tästä oli Suomen Akatemian myöntämää rahoitusta. Lisäksi Ilmatieteen laitos sai rahoitusta avaruustoimintaan ESA-palautejärjestelmän kautta noin 640 000 euroa, EU-rahoituksen kautta noin 80 000 euroa ja EUMETSAT:n kautta 338 000 euroa. Ilmatieteen laitoksen henkilöresurssit avaruustoimintaan olivat vuonna 2010 yhteensä 23 henkilötyövuotta.

Liikenne- ja viestintäministeriö hoitaa Suomen yhteyksiä EU:n Galileo -järjestelmään, Euroopan sääsatelliittiyhdistyksen EUMETSATin toimintaan sekä osaltaan myös EU:n GMES-toimintaan. Galileon suhteen ministeriön rooli on seurata tapahtuvaa kehitystä ja valmistautua uuden signaalin käyttöönottoon.

4.1.2 Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonala

Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalan rahoitus avaruustoimintaan oli kokonaisuudessaan budjettirahoitusta hallinnonalan eri tutkimuslaitoksille ja virastoille (Geodeettinen laitos, Metsäkeskus, Tapio, Metsäntutkimuslaitos, Maaseutuvirasto ja Maanmittauslaitos).

Geodeettisessa laitoksessa tehdään avaruustoimintaan liittyvää tutkimus-, kehitys-, ja asiantuntijatyötä satelliittigeodesian, satelliittinavigoinnin ja satelliittikaukokartoitusten aloilla. Laitoksella on paljon kansainvälistä toimintaa ja kansainvälisiin yhteisöihin ja järjestöihin osallistumista, yhteisrahoitteista tutkimusta ja kehitystä, sekä kansallisia asiantuntijatehtäviä muun muassa geodesiaan, painovoimaan, ja satelliittipaikannukseen liittyen. Laitoksen avaruustoiminnan rahoituksesta (ilmoitetun arvioin mukaan yhteensä noin 2,2 miljoonaa euroa) suurin osa on MMM:n budjettirahoitusta tai Tekesin kansallisen kilpailun kautta saatua tutkimusrahoitusta. Näiden lisäksi Geodeettinen laitos sai jonkin verran rahoitusta ESA-palautteen kautta (noin 50 000 euroa) sekä palveluiden tai tuotteiden myynnistä (noin 30 000 euroa).[20]

Metsäkeskusten metsävaratiedon keruussa avaruustoimintaa hyödynnetään välillisesti laserkeilauksen ja ilmakuvien hyödyntämisen kautta. Metsäkeskuksen panostukset avaruustoimintaan liittyvät GPS-paikannukseen liittyvään sovellusten kehittämiseen, GPS-laitehankintoihin sekä laitteiden ylläpitoon. Arvion mukaan GPS-paikannukseen liittyvään sovellusten kehittämiseen, GPS-laitehankintoihin sekä laitteiden ylläpitoon kului vuonna 2010 yhteensä noin 190 500 euroa.[21]

Metsäntutkimuslaitos (Metla) osallistuu avaruustoimintaan lähinnä monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) ja siihen liittyvien hankkeiden puitteissa. Maaseutuviraston (Mavi) ja Maanmittauslaitoksen (MML) panostukset avaruustoimintaan rajoittuvat toistaiseksi GPS-paikannuksen hyödyntämiseen eri projekteissa (panostukset alle 10 000 euroa vuodessa). [22]

4.1.3 Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonala

Opetus- ja kulttuuriministeriön (OKM) hallinnonalan osallistuminen avaruustoimintaan tapahtuu Suomen Akatemian (SA) rahoituksen sekä yliopistojen ja korkeakoulujen tutkimustoiminnan kautta. Vuonna 2010 SA myönsi noin 5 550 000 euroa tutkimusrahoitusta tutkimuslaitoksille, yliopistoille ja korkeakouluille.[23]

Suomen Akatemian kautta rahoitettiin maanpäällisten infrastruktuurien (ESO, EISCAT, NOT) maksut, joiden suuruus vuonna 2010 oli 2 994 000 euroa. Henkilöstö- ja matkakuluihin SA käytti yhteensä noin 60 000 euroa. Henkilöstötyövuosia SA:ssa oli avaruustoimintaan noin 0,5.[24] Yliopistot ja korkeakoulut osallistuvat muun muassa ESAn teknologia- ja esisuunnitteluprojekteihin joko yksin tai yhdessä toisen tutkimusyksikön ja/tai yrityksen kanssa. Suomen Akatemian avaruustutkimukseen myöntämä kansallinen rahoitus on yksi tärkeimmistä panoksista tutkimusvaikutusten saavuttamisessa. Rahoituksen tärkeimpinä

[19] LVM:n oma arvio.
[20] Laitoksen oma arvio.
[21] Laitoksen oma arvio.
[22] Laitoksen oma arvio.
[23] SA:n oma arvio.
[24] SA:n oma arvio.

periaatteina ovat tutkimuksen haasteellisuus sekä mahdolliset läpimurrot ja uudet avaukset.

Yliopistojen ja korkeakoulujen avaruustiede- ja tutkimus on jätetty tämän arvioinnin rajauksen ulkopuolelle eikä tietoja panostusten jakautumisesta näin ollen olla siltä osin kerätty. Seuraavassa on lueteltu keskeiset avaruustoimintaan osallistuvat suomalaiset yliopistojen ja korkeakoulujen laitokset ja niiden keskeisimmät avaruustutkimuksen painopisteet:[25]

- **Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen avaruustutkimusyksikkö:** avaruustutkimuksen perustutkimus, erityisesti avaruusfysiikka ja kosmologia
- **Helsingin yliopiston tähtitieteen laitos:** tähtitieteen perustutkimus, tähtitieteen laitteiden kehittäminen
- **Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos JYFL:** ydin- ja kiihdytinpohjainen fysiikka, materiaalifysiikka, teoreettinen ydin- ja hiukkasfysiikka sekä soveltava fysiikka, erityisesti nanoteknologia, nanoelektroniikka ja paperinvalmistusteknologia
- **Lapin yliopiston oikeustieteiden tiedekunta:** ilmailu- ja avaruusoikeus
- **Laurea ammattikorkeakoulu:** satelliittisovellusten turvallisuustutkimus
- **Oulun yliopiston fysikaalisten tieteiden laitos:** ionosfäärifysiikka, magnetosfäärifysiikka ja heliosfäärifysiikka
- **Rovaniemen ammattikorkeakoulu:** kaukokartoitusalan insinöörien koulutus
- **Aalto-yliopiston Metsähovin radiotutkimusasema:** radioastronomia, pitkäkantainterferometria (VLBI), monitaajuusastronomia sekä radioastronomiaan liittyvät laitteistot ja tekniikka
- **Aalto-yliopiston radiotieteen ja -tekniikan laitos:** perus- ja jatkotutkinto-opetusta, tutkimusta mikro- ja millimetriaaltomittausten, antennien, radioaaltojen etenemisen, edistyksellisten keinotekoisten materiaalien, sähkömagnetiikan, piiriteorian ja avaruustekniikan aloilla
- **Aalto-yliopiston automaatio- ja systeemitekniikan laitos:** automaation tietotekniikka, automaatiotekniikka, autonomiset järjestelmät, systeemitekniikka ja älykkäiden koneiden huippuyksikkö
- **Aalto-yliopiston sovelletun mekaniikan laitos:** avaruusalusten rakenteiden tutkimus ja opetus, osallistuminen avaruuslaiteprojekteihin virtauslaskennan alueella
- **Turun yliopiston fysiikan laitoksen avaruustutkimuslaboratorio:** avaruusfysiikan kokeellista ja teoreettista perustutkimusta sekä tutkimuksessa käytettävien instrumenttien ja laitteistojen suunnittelua ja kehittämistä
- **Turun yliopiston Tuorlan observatorio:** kvasaaritutkimus, osallistuminen aktiivisesti Planck-satelliitin havainto-ohjelmien suunnitteluun ja analysoinnin kehittämiseen.

4.1.4 Puolustusministeriön hallinnonala

Puolustusvoimat on merkittävä avaruustoiminnassa syntyneiden tuotosten, erityisesti satelliitti-informaation hyödyntäjä. Loppukäyttäjänä puolustusvoimat hankkii julkisista lähteistä dataa ja tekee siihen liittyviä sopimuksia operaattoreiden kanssa.

Erityisesti GPS:n kautta saatavat paikka- ja aikatiedot ovat puolustusvoimien toiminnan kannalta erittäin tärkeitä. Kaukokartoituksella on puolestaan tärkeä merkitys havainnoinnin, tiedonkeruun ja valvonnan kannalta. Lisäksi satelliittiviestinnän merkitys korostuu johtamisen näkökulmasta. Toiminnan peruslähtökohtana on kuitenkin toimiminen siten, ettei puolustusvoimat olisi missään oloissa täysin riippuvaisia satelliitti-informaatiosta. Tässä korostuu myös riippumattomuus esimerkiksi GPS-järjestelmästä, minkä vuoksi EU:n Galileo-ohjelma nähdäänkin käyttövarmuutta lisäävänä tekijänä.

Puolustusvoimat tekee yhteistyötä mm. maanmittauksen, Geodeettisen laitoksen, Ilmatieteen laitoksen kanssa ja useiden yritysten kanssa. Lisäksi Suomi on mukana useissa Euroopan puolustusviraston (EDA) hankkeissa.

Avaruusasiain neuvottelukunnan rooli puolustusvoimille on ensisijaisesti informaation vaihtokanava ja ikkuna suomalaiseen avaruustoimintaan.

[25] www.avaruus.info

4.1.5 Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonala

Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) hallinnonalalla keskeisiä avaruustoimijoita ovat Tekes ja VTT. TEM:n budjetista rahoitetaan myös ESAn jäsenmaksu, joka vuonna 2010 oli 3 210 000 euroa.[26] Tekes koordinoi ESA-toimintaa, joka kattaa valtaosan Suomen avaruustoiminnan budjetista. Tämän lisäksi Tekes myöntää kansallista rahoitusta muun muassa avaruuslaitteiden tai satelliittiinformaatiota hyödyntävien sovellusten kehittämiseen. Tekesin kautta rahoitetaan ESAn pakollisten ja vapaaehtoisten ohjelmien jäsenmaksut (vuonna 2010 yhteensä 16 miljoonaa euroa). Lisäksi Tekes myöntää rahoitusta omien ohjelmiensa puitteissa, kansallisen kilpailutuksen kautta. Tämän osuus vuonna 2010 oli noin 3,5 miljoonaa euroa.[27]

Toinen TEM:n hallinnonalan keskeinen panostus avaruustoimintaan on VTT:n tutkimus- ja kehitystyön rahoittaminen. VTT on tunnistettu merkittäväksi partneriksi monelle avaruusalan yritykselle ja se tekee myös itsenäisesti avaruusteknologiaan sekä kaukokartoitukseen liittyvää tutkimustyötä. Osa VTT:n avaruustoimintaa on myös VTT:n ja Aalto-yliopiston yhteinen Millilab-instituutti, joka on erikoistunut millimetriaaltotekniikkaan ja sillä on laaja kokemus ESAn erilaisista projekteista.

VTT:n osalta rahoitustietojen arviointi on hankalaa ja luvut riippuvat olennaisesti siitä, mitä toimintoja lasketaan mukaan avaruustoiminnan piiriin. Arvioinnin yhteydessä kerättyjen tietojen mukaan VTT sai TEM:ltä budjettirahoitusta avaruustoimintaan yhteensä noin 503 000 euroa. Se jakautui kaukokartoitustoimintaan (noin 203 000 euroa) ja laitekehitykseen (noin 300 000 euroa). Lisäksi VTT sai kansallista kilpailtua rahoitusta kaukokartoitukseen noin 350 000 euroa ja EU-rahoitusta noin 150 000 euroa. ESA-palautetta VTT sai kaukokartoituksen osalta noin 180 000 euroa ja laitekehityksen osalta noin 330 000 euroa. Kaukokartoituspalveluiden myynnistä kertyi tuloja noin 170 000 euroa ja laitteiden myynnistä noin 20 000 euroa. Kaukokartoituspuolella muita tuloja oli lisäksi noin 90 000 euroa. Henkilötyövuosia oli kaukokartoitukseen noin 9 ja laitekehitykseen noin 3,5.[28]

4.1.6 Ympäristöministeriön hallinnonala

Ympäristöministeriön hallinnonalan avaruustoiminta keskittyy pääosin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) GEO-yksikön satelliittikaukokartoitustoimintaan, jota rahoitetaan pääosin ministeriön budjettirahoitukselle sekä kilpaillun kansallisen rahoituksen kautta. Vuonna 2010 SYKE sai ESA-palautteena noin 110 000 euroa, EU-rahoituksena noin 50 000 euroa ja kaukokartoituspalveluiden myynnistä noin 60 000 euroa. Henkilötyövuosia avaruustoimintaan liittyen oli SYKEssä vuonna 2010 noin 3,5.[29]

Suomen ympäristökeskus (SYKE) seuraa operatiivisesti ja lähes reaaliaikaisesti lumien sulamista, vesien laatua ja lämpötilaa sekä fenologisia muutoksia. SYKE tuottaa myös viiden vuoden välein koko Suomea kattavia maanpeitekartoituksia. Operatiivinen toiminta on osa GMES-ohjelmaa. SYKEn tuottaman aineiston vaikuttaa sen käytön kautta. Haastatteluissa SYKEn asiakkaaksi mainitaan ympäristö, jota palvellaan seuraamalla ilmastonmuutosta, Itämerentilaa ja esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden kehittymistä. Välillisesti SYKEn asiakkaita ovat tutkijat, päättäjät ja kansalaiset. Esimerkiksi lumitietoja pystytään käyttämään tulvaennustemalleissa ja vesivoiman säännöstelyn optimoinnissa, mikä tuottaa liiketoiminnallisia vaikutuksia.[30] Kaukokartoitustuotteita on kehitelty yhdessä Ilmatieteen laitoksen kanssa ja GMES-hankkeita hyödyntäen. SYKEssä työskentelee 16 hengen kaukokartoitusryhmä, joista 11 työskentelee projektirahoituksella. SYKE jakaa tuottamaansa materiaalia verkossa, mutta kokee vaikuttavuuden kannalta ongelmalliseksi sen, etteivät käyttäjät (tutkijat) ole oppineet ymmärtämään täysin aineistojen merkitystä. Tiedon jakeluun liittyviä palveluita kehitetään jatkuvasti eteenpäin ja helpommin hyödynnettävään suuntaan.

---

26 http://budjetti.vm.fi/indox/tae/2010/he_2010.html

27 Tekesin tilinpäätös 2010.

28 VTT:n oma arvio.

29 SYKE:n oma arvio.

30 Kaukokartoitus SYKEssä – Maanpeite, lumi, kasvillisuus ja vesi. Esitys SYKE/TK/GEO 8.11.2011.

4.1.7 Yhteenveto julkisen sektorin avaruustoiminnasta ja panostuksista

Taulukko 2. Avaruustoiminnan julkinen rahoitus ja toiminta Suomessa.

	Jäsen- ja ohjelmamaksut	Muu rahoitus (arvio)	Keskeinen toiminta
LVM	~3,65 m € (EUMETSAT)	~4 m €[31]	Sää-, meri- ja ilmastopalvelut (Ilmatieteen laitos); EUMETSATin toimintaan osallistuminen
MMM	-	~1,4 m€	Satelliittigeodesia, kaukokartoitus (Geodeettinen laitos); Metsävaratiedon keruu (Metsäkeskus); Metsien inventointi (Metla)
OKM[32]	~3 m € (ESO, EISCAT, NOT)	~5,5 m € (SA)	Suomen Akatemian avaruustieteen ja tutkimuksen rahoitus; Maanpäällisten tutkimusinfrastruktuurien rahoitus; tieteellinen tutkimus
TEM	~20 m € (ESA)	~4 m €	ESAn jäsen- ja ohjelmamaksut. ESAn ohjelmatoiminnan koordinointi (Tekes); Kansallinen TKI-rahoitus yrityksille ja tutkimuslaitoksille (Tekes); VTT:n laitekehitys- ja kaukokartoitustoiminta.
YM	-	~0,4 m €	SYKEn GEO-yksikön satelliittikaukokartoitustoiminta
Muut	-	-	Puolustusvoimat ja rajavartiolaitos avaruustoiminnan loppukäyttäjänä.

4.2 Avaruustoiminta yksityisellä sektorilla

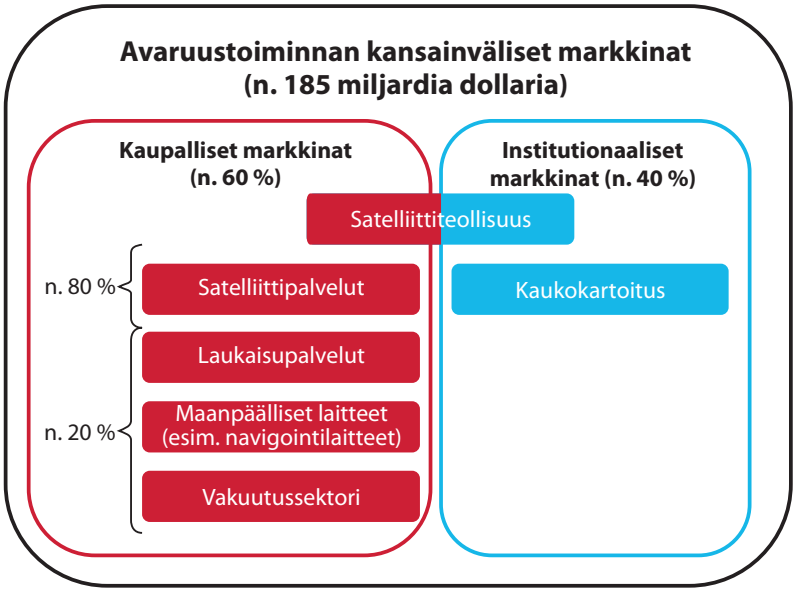
Tässä luvussa kuvataan suomalaista yksityisen sektorin kaupallista avaruustoimintaa, joka on jaoteltu avaruusteollisuuteen sekä muuhun kaupalliseen avaruustoimintaan. Suomalaisen toiminnan kuvauksen kontekstiksi on esitelty aluksi yleiskuvaus avaruustoiminnan kansainvälisistä markkinoista.

4.2.1 Avaruustoiminnan kansainväliset markkinat

Avaruussektorin kansainväliset markkinat voidaan jakaa kaupallisiin ja institutionaalisiin (julkisen sektorin rahoitukseen perustuviin) markkinoihin. Kaupallisten markkinoiden osuus oli vuonna 2007 arviolta noin kaksi kolmasosaa (114 miljardia dollaria) ja institutionaalisen markkinan osuus noin yksi kolmasosa (71 miljardia dollaria).[33] Avaruustoiminnan markkinoiden kokonaisvolyymiksi vuonna 2007 arvioitiin 185 miljardia dollaria.

Institutionaalisten markkinoiden piiriin kuuluvat ennen kaikkea kaukokartoitustoiminta, jonka tuottama tieto (satelliittikuvat) on – ainakin vielä toistaiseksi – lähes yksinomaan viranomaisten hallussa. Myös satelliittien rakentaminen on suurelta osin institutionaalisten markkinoiden varassa.[34]

Kuva 3. Avaruustoiminnan kansainväliset markkinat.[35]



31 Perustuu hyvin varovaiseen arvioon.
32 Lisäksi yliopistojen ja korkeakoulujen rahoitus (tämän tarkastelun ulkopuolella).
33 Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.
34 Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.
35 Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010. ESPI-report.

Kansainvälisten kaupallisten markkinoiden keskeisiä liiketoiminta-alueita ovat satelliittipalvelut (erilaiset satelliittitietoliikenteeseen perustuvat palvelut kuten satelliittitelevisio), satelliittiteollisuus (satelliittien osien ja sovellusten valmistus), laukaisupalvelut (esim. laukaisuasemien toiminta ja kantorakettien valmistus), maanpäälliset laitteet ja varusteet (esim. navigointilaitteet) sekä vakuutussektori (lähinnä yritysten valmistamien satelliittien vakuutukset). Selvästi suurin yksittäinen liiketoiminta-alue on satelliittipalvelut, joista vuonna 2009 kertyi maailmanlaajuisesti tuloja noin 91 miljardia dollaria. Avaruustoimintaan liittyvästä muusta kaupallisesta toiminnasta tuloja kertyi yhteensä 84 miljardia dollaria. Satelliittipalveluista toistaiseksi selvästi suurin markkinasegmentti on satelliittitelevisio.[36]

Taulukko 3. Suomalaisen avaruussegmentin liikevaihto ja henkilöstö vuonna 2009.[37]

Yritys	Avaruussegmentin liikevaihto / 2009	Henkilöstön määrä / avaruussegmentti
Patria	6,0	40
Space Systems Finland	2,1	20
DA-Design	2,5	16
Oxford Instruments Analytical	1,0	8
Modulight	0,3	2
Harp Technologies	0,2	3
ASRO	0,7	4
Specim	0,3	1
Yhteensä	**13,1 milj. euroa**	**94 htv**

4.2.2 Avaruusteollisuus

Suomalaisia suoraan avaruustoimintaan kytkeytyviä avaruusteollisuuden yrityksiä on listattu Tekesin viimeksi vuonna 2006 julkaisemassa *Space Directory of Finland* -hakemistossa. Viimeaikaisempi avaruusteollisuutta tarkasteleva kokonaisesitys on PIA ry:n toimeksiannosta tehty *Avaruusteollisuuskatsaus*, joka julkaistiin vuona 2010. Katsauksessa suomalaisten avaruusteollisuuden ydinjoukon (ns. avaruussegmentin) osalta esitetään taulukon 3 mukaiset tiedot.

Tietojen todetaan olevan suuntaa antavia, sillä avaruustoiminnan erottelu yrityksen muusta toiminnasta ei välttämättä ole yksinkertaista.[38] Suurimmalla osalla avaruustoimintaan kytkeytyvistä yrityksistä on myös muuta kuin avaruuslaitteisiin liittyvää liiketoimintaa. Katsauksessa käydään läpi yritysten toimintaa ja haetaan myös niiden perusteluita avaruustoimintaan osallistumiselle.

Patria on suomalaisen avaruusteollisuuden suurin toimija. Patria on toimittanut satelliitteihin mm. aurinkopaneelien runkoja ja muita komposiittirakenteita. Patrian koko toiminnasta avaruustoiminnan osuus on marginaalinen, mutta yrityksen näkökulmasta avaruuslaitteiden toimittaminen tuo synergiaetuja puolustusteollisuuden puolelle.[39]

Space Systems Finland on suomalaisen avaruustoiminnan keskeisimpiä yrityksiä, joka kehittää satelliitteihin ja niiden instrumentteihin korkean luotettavuuden ohjelmistoja. Yritys on pystynyt soveltamaan tästä toiminnasta kehittynyttä osaamista myös muitten kriittisten järjestelmien laadunvarmistuspalveluissa. Sovellusalueita ovat esimerkiksi ydinvoimalat ja terveydenhuolto. Suomalaiset yritykset, kuten esimerkiksi DA-Design[40], toimivat avaruuslaitteiden suunnitteluun ja valmistukseen liittyvissä projekteissa suurten eurooppalaisten yritysten tai ESAn alihankkijoina. DA-Designin kohdalla avaruusprojekteissa kehitettävien korkeataajuuskomponenttien nähdään luovan synergiaetuja myös yrityksen puolustusteollisuusliiketoiminnalle.[41]

Selkeimmin avaruustoiminnassa mukana olevien yritysten lisäksi muilla toimijoilla on mahdollisuus kehittää yksittäisiä spesifejä teknologioita avaruusalan hankkeissa. Tässä yhteydessä myös VTT:n ja muiden julkisten tutkimusorganisaatioiden toiminta tukee

36 Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.
37 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 28.
38 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 28.
39 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 15-16.
40 http://www.da-design.fi/space/
41 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 18-19.

alan yrityksiä ja mahdollistaa uusien erilaisiin ratkaisuihin perustuvien yritysten synnyn.

Kaiken kaikkiaan edellä kuvatun avaruusteollisuuden volyymi – arvion mukaa noin 15 miljoonaa euroa – on Suomessa varsin pieni, eikä sen suhteen ole havaittavissa selkeää kasvua.[42] Varsinainen avaruuslaitteita valmistava teollisuus onkin sektorina pieni ja siihen kuuluvat yritykset toimivat myös muilla toimialoilla. Avaruusteollisuuden osalta suomalaisten yritysten toiminta on usein hankintaketjun toisella tai kolmannella portaalla ja keskittyy hyvin spesifeihin niche-tuotteisiin.

4.2.3 Muu kaupallinen avaruustoiminta

Toinen joukko yrityksiä hyödyntää satelliitti-informaatiota jalostamalla siitä omia tuotteitaan ja palveluita. Kenties tunnetuin esimerkki tämän tyyppisistä yrityksistä on Nokia, jonka valmistamissa puhelimissa hyödynnetään paikannusinformaatiota. Samoin ne yritykset, jotka tuottavat Nokian puhelimiin erilaisia paikannusinformaatiota hyödyntäviä sovelluksia, kytkeytyvät välillisesti osaksi avaruustoimintaa. Näiden kahden yritysjoukon lisäksi on suuri joukko yrityksiä ja muita organisaatiota, jotka hyödyntävät toiminnassaan satelliittitietoliikennettä, paikannuspalveluita ja jossain määrin myös kaukokartoitusinformaatiota. Satelliitti-infrastruktuuri auttaa näitä toimijoita olemaan tehokkaampia ja välttämään erilaisia riskejä.

Avaruusteollisuuskatsauksessa pohditaan myös satelliitti-informaatiota suoraan hyödyntävien yritysten toimintaa. Satelliitti-informaation hyödyntämisellä voidaan tarkoittaa joko esimerkiksi erilaisten päätelaitteiden rakentamista tai välitettyyn informaatioon perustuvien palveluiden kehittämistä. Erityisesti satelliittipaikannuksen ja -tietoliikenteen ympärille on kehitetty erilaisia laitteita ja palveluita. Tässä yhteydessä katsauksessa esitellään kaksi päätelaitteita valmistavaa toimijaa: Elektrobit Oyj ja Sasken Finland Oy. Molemmat yritykset kehittävät satelliittitietoliikenteeseen perustuvia päätelaitteita ja niiden teknologiaa.[43] Satelliitti-informaatioon liittyen kehitysmahdollisuuksia tunnistetaan erityisesti paikannuspuolella, jolloin Nokia on ilmiselvä esimerkki.[44] Kaiken kaikkiaan tämä yrityssektori voidaan määrittelytavasta riippuen laskea erittäin merkittäväksi.

Arvioinnin yhteydessä on nostettu esille myös kaukokartoitusinformaatioon liittyvää liiketoimintaa. Esimerkkinä mahdollisuuksista käytetään Arbonaut Oy:tä, joka hyödyntää metsien inventointiin ja muuhun luonnonvarojen monitorointiin liittyvässä työssä myös satelliittiteknologiaa. Arbonautin esimerkki kertoo myös siitä, kuinka teknologian ohella on kehitettävä informaation jakeluun liittyviä toimintatapoja.[45] Arvioinnin yhteydessä kaukokartoitusalan liiketoiminnan kehittyminen on kytketty julkisen datan vapaaseen ja maksuttomaan saatavuuteen. Lisääntyvän tiedon toivotaan synnyttävän lisää liiketoimintaa. Tässä yhteydessä korostetaan ohjelmistoosaaminen merkitystä, mikä on oleellista ottaa huomioon myös suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuusmallin näkökulmasta.

Avaruustoiminnan sosioekonomisen vaikuttavuuden näkökulmasta korostuvat satelliitti-infrastruktuurin hyödyntämisen välilliset vaikutukset liiketoiminnalle. Satelliitti-infrastruktuurin soveltamismahdollisuudet korostuvat myös Suomen avaruusstrategiassa tarkastellaan sitten yksityistä tai julkista sektoria.

Arvioinnin yhteydessä haastatellut asiantuntijat ovat pitäneet avaruustoimintaan liittyvän liiketoiminnan rajaamista haasteellisena tehtävänä. Esimerkiksi paikannuspalveluita kehittävät yritykset eivät tarvitse ESA-hankkeita (tosin nekin voivat hyötyä niistä), vaan niille riittää se, että yhteiskunnan panostukset satelliitti-infrastruktuuriin takaavat luotettavan toimintaympäristön.

Tämän sektorin kokonaisliikevaihdoksi on arvioitu noin 300 miljoonaa euroa.[46] Tämän arvioinnin yhteydessä ei ole erikseen kerätty tietoja tämän liiketoimintasegmentin volyymista eikä siitä ole arvioinnin aikana esiin nousseiden tietojen mukaan olemassa aikaisempiakaan kattavia tutkimuksia.

---

42 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 11.

43 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 14-15.

44 http://www.avaruus.info/yrityksille/liiketoiminta/

45 http://www.arbonaut.com/ ja Space Directory of Finland. Tekes 2006, 17.

46 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.

4.3 Osallistuminen kansainväliseen toimintaan

Avaruustoiminta on luonteeltaan hyvin kansainvälistä. Suuri osa avaruustoimintaan liittyvistä rahallisista panostuksista menee kansainvälisten yhteistyöjärjestöjen jäsenmaksuihin ja ohjelmamaksuihin. Lisäksi satelliittien tuottaman datan soveltaminen on Suomessa mahdollista kansainvälisen infrastruktuurin ansiosta. Avaruustoiminnan kansainvälisyyttä korostaa entisestään toiminnan strateginen ja turvallisuuspoliittinen merkitys.

Tämän arvioinnin kannalta on tärkeää ottaa huomioon, että avaruustoiminnan kansainvälisen luonteen vuoksi monet satelliitti-infrastruktuurin vaikutuksista näkyvät Suomessa merkittävällä tavalla ilman sen suurempaa kotimaista panostusta. Toisin sanoen suomalaiset toimijat pääsevät hyödyntämään kansainvälisen satelliitti-infrastruktuurin tarjoamia mahdollisuuksia ilman merkittäviä panostuksia sen rakentamiseen.

Suomalaisen avaruustoiminnan ensisijainen kansainvälinen viitekehys on eurooppalainen avaruustoiminta ja erityisesti Euroopan avaruusjärjestö ESAn ohjelmissa tapahtuva toiminta. ESAn rinnalla Suomi on kiinteä osa Euroopan unionin päätöksentekoa ja sen myötä aktiivisesti mukana EU:n avaruushankkeissa. Avaruustoiminta on yhä tärkeämmässä asemassa eurooppalaisessa politiikassa ja EU:n parlamentti on myös äskettäin julkaissut aikomuksensa yhteisen eurooppalaisen avaruusstrategian laatimiseen. Lisäksi tärkeitä kansainvälisen yhteistyön foorumeita Suomen kannalta ovat ESO ja EUMETSAT. Lisäksi Suomella on bilateraalista yhteistoimintaa joidenkin edellä mainittujen järjestöjen ulkopuolisten maiden kanssa.

Suomalaisten osallistuminen ESAn toimintaan

Euroopan avaruusjärjestö ESA (European Space Agency) on vuonna 1975 perustettu kansainvälinen avaruusjärjestö, jonka jäsenenä on 18 Euroopan maata.[47] ESAn tehtävänä on suunnitella ja toteuttaa Euroopan avaruusohjelma. Lisäksi ESA tekee yhteistyötä paitsi erityisesti EU:n ja sen alaisten toimijoiden, myös Euroopan ulkopuolisten toimijoiden kanssa (esim. yhdysvaltalainen NASA ja japanilainen JAXA) mm. kansainvälisen avaruusaseman rakentamiseen liittyen. ESA:ssa työskentelee yhteensä noin 2200 ihmistä kaikista jäsenmaista. Henkilöstöön kuuluu tiedemiehiä, insinöörejä, IT-asiantuntijoita sekä hallintohenkilökuntaa. ESAn perustoiminnot rahoitetaan jäsenmaiden vuosittaisella rahoituksella, jonka suuruuteen vaikuttaa kunkin maan bruttokansantuotteen suuruus. Lisäksi ESA toteuttaa ohjelmia, joihin osallistumisesta ja panostuksen määrästä jäsenmaat voivat päättää erikseen. Vuonna 2011 ESAn budjetti oli noin 4 miljardia euroa.[48]

Suomi on ollut ESAn täysjäsenenä vuodesta 1995. Tällä hetkellä Suomi osallistuu ESAn perustoimintojen lisäksi viiteen ESAn ohjelmaperheeseen (kaukokartoitus, navigointi, tietoliikenne, teknologian kehitys ja avaruustiede).[49]

Kaukokartoitusohjelmassa ESA kehittää satelliitti-infrastruktuuria sekä välittää satelliittien havaintoaineistoa eri käyttäjäryhmille ja kehittää kaukokartoitusaineiston jakelujärjestelmää. Lisäksi ohjelmassa kehitetään ympäristösatelliitteja, jotka tutkivat ilmastonmuutosta eri tavoin. Euroopan unionin ja ESAn yhteisessä GMES-ohjelmassa (Global Monitoring for Environment and Security) kehitetään palveluita ympäristön monitorointiin ja havainnointiin.

Satelliittipaikannusohjelmassa ESA kehittää Galileo-satellittipaikannusjärjstelmää ja sitä tukevaa EGNOS-järjestelmää. Euroopan komissio rahoittaa pääosan 30 satelliitin rakentamisesta. Suomen teollisuus osallistuu satelliittien ja niiden maa-asemien ohjelmistojen toteutukseen ja yksi niin kutsuttu RIMS-asema on Vironlahdella. Tulevaisuudessa satelliittipaikannukseen ja navigointiin perustuvan avaruustoiminnan on arveltu lisääntyvän huomattavasti.

Tietoliikenneohjelma keskittyy tietoliikenteen sovelluksiin ja erityisesti satelliittitietoliikenteen komponentteihin, kun taas Integrated Applications Promotion (IAP) -ohjelmassa tutkitaan uusien sovellusten toteuttavuutta ja toimivuutta satelliittijärjestelmissä. IAP-ohjelman teemoja ovat turvallisuus, terveydenhuolto, kehitys, liikenne ja energiajärjestelmien hallinta.

---

47 ESAn jäseniä vuonna 2011 ovat Belgia, Espanja, Hollanti, Iso-Britannia, Itävalta, Irlanti, Italia, Kreikka, Luxemburg, Norja, Portugali, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi, Sveitsi, Tanska ja Tshekki, Lisäksi Romania on allekirjoittanut jo liittymissopimuksen. Unkarin, Puolan, Viron ja Slovenian kanssa ESAlla on yhteistyösopimus.

48 www.esa.int

49 www.avaruus.info

ESAn teknologiaohjelmissa yritykset ja tutkimusryhmät kehittävät esimerkiksi elektroniikkajärjestelmiä ja -komponentteja, ohjelmistoja, materiaaleja ja tietoliikennejärjestelmiä. Käytännössä osallistuminen tapahtuu siten, että ESA hankkii tarjouspyynnöillään teknologiaa satelliitteihin, avaruusluotaimiin ja niiden ohjaukseen. Yritykset pääsevät mukaan ESAn projekteihin vastaamalla ESAn tarjouspyyntöihin joko yksin tai konsortion osana. Teknologiaohjelmat ovat yleensä ensimmäinen askel päästä mukaan avaruusohjelmiin ja satelliittitoimituksiin. Monissa ohjelmissa kehitettävät ratkaisut ovat usein varhaisen vaiheen perusteknologiaa, jota on mahdollista soveltaa myös muuhun kuin avaruuskäyttöön.

Tiedeohjelman satelliiteilla, luotaimilla ja avaruusteleskoopeilla tutkitaan esimerkiksi infrapunasäteilykohteita, aurinkoa, maan lähiavaruutta, Saturnus-, Mars- ja Venus-planeettoja sekä röntgen- ja gammasäteilykohteita. Suomen rahoitusosuus tiedeohjelmasta on noin 7 miljoonaa euroa vuodessa (2012).

Satelliittiprojektit ovat aina monikansallisia projekteja, joihin ESA valitsee päähankkijan, joka vastaa pienemmistä tilauksista. Suomalaisten yritysten roolina on usein niché-tuotteet ja asema alihankintaverkoston kolmannella tasolla. Suomalaiset tutkijat tai yritykset ovat olleet mukana yhteensä 16 ESAn luotain- tai satelliittihankkeessa, joista viimeisimpänä maapallon painovoimakenttää tutkiva Goce-ympäristösatelliitti (2009), kosmista taustasäteilyä kartoittava Planck-tiedesatelliitti (2009) sekä tähtien syntymekanismeja tutkiva Herschel-avaruusobservatorio (2009). Lisäksi yksi ESAn ns. RIMS-maa-asemista sijaitsee Suomessa Virolahdella.[50]

Päätökset ESAn ohjelmiin osallistumisesta perustuvat Suomen avaruusstrategiassa linjattuihin painopistevalintoihin. Ohjelmiin osallistumista koordinoi Tekes. Toistaiseksi Suomi on halunnut panostaa teknologian kehittämiseen, avaruustutkimukseen ja avaruussovelluksiin kuten satelliittipaikannukseen ja satelliittien avulla saatavaan ympäristötietoon. Sen sijaan esimerkiksi ESAn miehitettyjen avaruuslentojen ohjelmaan Suomi ei ole osallistunut.

Suomen maksuosuus ESAn vuosittaisesta budjetista on noin 20 miljoonaa euroa eli 0,6 prosenttia. ESA-toimintaa arvioitaessa tärkeä mittari on ns. palautekerroin, jonka avulla voidaan verrata esimerkiksi ESAn ohjelmien yhteydessä tehtyjen tilauksien maantieteellistä jakautumista. Tavoitteena on, että kullekin maalle palautuisi tilauksia suunnilleen suhteessa ESA-toiminnan sijoituksiin. Vertailtaessa eri maiden palautekertoimia, sijoittuu Suomi niiden kuuden maan joukkoon, joiden palautekerroin vuoden 2011 lopussa oli alle ESAn jäsenmaiden keskiarvon. Muut maat olivat Kreikka, Irlanti, Norja, Portugali ja Ruotsi sekä uutena jäsenmaana transitiovaiheessa vielä oleva Tshekki. Näiden palautekertoimien nostamiseksi ESA on tehnyt erityistoimenpiteitä, joilla mm. rajoitetaan jäljellä olevat tarjouspyynnöt koskemaan vain näitä alipalautemaita.[51] Suomen kannalta huolestuttavaa on se, että viimeisen neljän vuoden aikana palautekerroin on laskenut joka vuosi.[52] ESA on antanut huhtikuussa 2012 ennusteen, jonka mukaan Suomen ja muiden alipalautemaiden palautetaso yltää vuoden 2012 lopussa maille asetettuun minimitavoitteeseen. Tämä edellyttää sitä, että maille suunnitellut tukitoimenpiteet toteutetaan onnistuneesti. Sen sijaan ennusteen mukaan Suomelle vuoden 2014 loppuun asetetut tavoitteet eivät toteudu.[53] Suomen ESA-palautetta koskevat havainnot on kuvattu tarkemmin liitteessä 1.

Suomalaisten osallistuminen EUMETSATin toimintaan

Euroopan sääsatelliittijärjestö EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) tuottaa reaaliaikaisia sääsatelliittikuvia ja tarjoaa jäsenmailleen mahdollisuuden osallistua satelliittien keräämän tiedon sovellusohjelmiin. EUMETSATin satelliitit on kehittänyt ESA. Jäsenmaat rahoittavat EUMETSATin toimintaa ja ovat myös sen pääasiasialliset käyttäjät. Suomessa Ilmatieteen laitos johtaa EUMETSATin otsoniohjelmaa ja on mukana EUMETSATin ilmasto-ohjelman toteuttamisessa.[54]

---

50 www.avaruus.info

51 Geographical distribution of contracts. Situation as per 31 December 2011. ESA, Industrial Policy Committee. Julkaisematon raportti.

52 Geographical distribution of contracts. Situation as per 31 December 2011. ESA, Industrial Policy Committee. Julkaisematon raportti.

53 21st ESA Overall Geo-return Forecast. European space agency, industrial policy committee. 23 April 2012

54 www.eumetsat.int; www.ilmatieteenlaitos.fi

Suomalaisten osallistuminen ESOn toimintaan

Euroopan eteläinen observatorio ESO (European Southern Observatory) on 14 jäsenmaan (Alankomaat, Belgia, Britannia, Espanja, Italia, Itävalta, Portugali, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi, Sveitsi, Tanska ja Tshekki) muodostama tähtitieteen tutkimusorganisaatio, jonka jäsenenä Suomi on ollut vuodesta 2004 lähtien. Tutkimuksen lisäksi ESO:ssa kehitetään uusia havainnointilaitteita. ESO:n perustavoitteena on ollut rakentaa observatorio eteläiselle pallonpuoliskolle sekä vahvistaa yhteistyötä tähtitieteen tutkimuksessa. ESO:n lippulaivahankkeita ovat neljän suuren teleskoopin ja sitä tukevien pienempien aputeleskooppien muodostama VLTI-kokonaisuus (Very Large Telescope Interferometer) sekä rakenteilla oleva noin 50 radioteleskoopin muodostama ALMA (Atacama Large Millimeter Array), jota rakennetaan ESOn, USAn ja Japanin yhteistyönä. Lisäksi valmisteilla on uuden sukupolven jättiläisteleskooppi (ELT, Extremely Large Telescope), jonka on kaavailtu valmistuvan 2010-luvun lopussa.

Suomen Turussa sijaitsevan ESO-keskuksen tehtävänä on harjoittaa ja koordinoida tähtitieteen eri alueiden tutkimusta Suomessa yhdessä ESOn kanssa sekä edistää ESOon liittyvää teknologista kehitystyötä. Se osallistuu tutkijakoulutukseen ja pyrkii edistämään suomalaisten yliopistojen tähtitieteeseen liittyvää yhteistyötä. ESOn ylin päättävä elin on neuvosto (Council), jossa on kaksi edustajaa kustakin jäsenmaasta. Suomen edustajat ovat Helsingin yliopistosta ja Suomen Akatemiasta. Talousasioista päättävässä finanssikomiteassa Suomen edustaja on myös Akatemiasta.[55]

EISCAT

EISCAT (European Incoherent Scatter Scientific Association) on maailman johtava ionosfäärin tieteellinen tutkajärjestö, jonka jäseniä ovat Suomen lisäksi Iso-Britannia, Saksa, Norja, Ruotsi, Japani ja Kiina. Järjestö tekee sirontatutkamittauksia korkeilla leveysasteilla. Yksi järjestelmän neljästä mittausasemasta sijaitsee Suomessa Sodankylässä. Suomen osuus havaintoajasta on noin 6 %, mutta suomalaisten osuus EISCAT-toimintaan liittyvistä tutkimusjulkaisuista on noin 20 %. EISCAT käyttää suomalaisten kehittämää Guisdap (Design and analysis of the EISCAT Svalbar Radar experiments program) -ohjelmistoa.[56]

NOTSA

Nordic Optical Telescope Scientific Association (NOTSA) on pohjoismainen tieteellinen järjestö, jolla on Kanarian saarilla sijaitseva oma optinen teleskooppi (NOT). Järjestö tekee optiseen ja infrapunasäteilyyn liittyviä mittauksia. Järjestössä ovat mukana kaikki Pohjoismaat seuraavin jäsenosuuksin: Suomi ja Ruotsi (kumpikin 29,7 %), Tanska ja Norja (kumpikin 19,8 %) sekä Islanti (1 %). Järjestön vuosibudjetti on noin 1,4 miljoonaa euroa. Järjestön ylin päättävä elin on neuvosto (NOT Council), jossa on kaksi edustajaa Suomesta. Havaintoaikakomitea (OPC) jakaa havaintoaikaa tieteellisten suunnitelmien ja ansioiden perusteella.[57]

Kahdenvälinen yhteistyö

Edellä mainittujen kansainvälisten organisaatioiden toiminnan ulkopuolella Suomen avaruusyhteistyö muiden maiden kanssa on hyvin monimuotoista. Yhteistyötä tehdään runsaasti projektitasolla, mutta valtiollisia sopimuksia on vain muutamien maiden kanssa. ESAn hankkeiden lisäksi suomalaiset yritykset ja tiedeyhteisöt ovat olleet mukana yhteensä yli 20 muun muassa Ruotsin, Venäjän, Italian ja NASA:n järjestämillä lennoilla.

Kahdenvälisistä kumppaneista tärkeimmät ovat Kanada ja Venäjä. Kanadan kanssa tehtävän yhteistyön pohjana on samankaltaiset luonnonolot ja niiden myötä yhteiset intressit, esimerkiksi merijään, lumipeitteen ja öljypäästöjen seuraaminen. Tekes ja Kanadan avaruusjärjestö CSA sopivat tutkimus- ja kehitysyhteistyöstä vuonna 2003. Sopimuksen ansiosta suomalaiset ja kanadalaiset yritykset ja tutkimusorganisaatiot voivat toteuttaa yhteisiä projekteja. Tavoitteena on luoda kansainvälisesti kilpailukykyisiä ympäristön seurantaan liittyviä sovelluksia ja edistää alan yritysten liiketoimintaa. Yhteisissä projekteissa on kehitetty jäämonitorointia, mobiiliteknologiaa hyödyntäviä ympäristöpalveluita, menetelmiä metsien inventointiin ja maanpinnan muutoksien havainnointiin.

Suomen ja Venäjän avaruusyhteistyö oli vilkkaimmillaan 1980-luvulla, jolloin maittemme välillä oli yhteisiä laiteprojekteja. Venäjän ja Suomen välinen Teknologia ja Tutkimus -sopimus on edelleen voimassa. Venäjä maksaa velkaansa Suomelle nk. velkakonversion kautta, jossa on myös avaruuteen liittyviä työosuuksia.[58]

---

55 www.avaruus.info; www.eso.org; www.aka.fi

56 www.aka.fi; www.avaruus.info

57 www.aka.fi; www.avaruus.info

58 www.avaruus.info

5

Avaruustoiminnan tulokset ja vaikutukset

Raportin seuraavissa luvuissa esitellään keskeiset tämän hetken avaruustoiminnan keskeiset tulokset ja vaikutukset sekä niiden saavuttamisen edellytykset, jotka arvioinnin perusteella voidaan ryhmitellä seuraaviin – jo aiemmin esitettyihin – kolmeen kategoriaan: liiketoimintavaikutukset, tutkimus- ja osaamisvaikutukset sekä vaikutukset julkisen sektorin toimintaan.

5.1 Liiketoimintatulokset ja -vaikutukset

Suomalaisen avaruustoiminnan keskeisimmät liiketoimintavaikutukset liittyvät kansainvälisen yhteistyön ja osallistumisen mahdollistamiseen. Keskeisessä asemassa tässä on ESA-toimintaan osallistuminen. Suomalaisten yritysten osallistumista ESA-toimintaan ja siihen liittyviin toimeksiantoihin voidaan pitää suomalaisen avaruustoiminnan yhtenä keskeisenä edellytyksenä avaruustoiminnan vaikutusten aikaansaamiselle.

ESA-toiminnan kautta voidaan tunnistaa sekä suoria että välillisiä liiketoimintavaikutuksia. ESA-toiminnan suorat liiketoimintavaikutukset liittyvät suoraan yritysten liiketoiminnan kasvuun ja uusiin tilauksiin, joiden myötä yrityksille voi avautua uusia markkinoita avaruussektorilla.

Avaruuslaitteita valmistavan teollisuuden näkökulmasta ESA-toimintaan osallistumisen suorista liiketoimintavaikutuksista puhuttaessa lähtökohtana on pidettävä mielessä avaruusteollisuuden sektorin pieni koko Suomessa. Arvioinnin yhteydessä tehdyissä asiantuntijoiden haastatteluissa korostetaankin sitä, ettei ESA-toiminta voi olla siihen osallistuville yrityksille varsinaista liiketoimintaa. Näin ollen arvioinnin näkökulmasta ESA-toiminnan merkitys liiketoiminnan kannalta konkretisoituu vain, mikäli eri hankkeissa valmistettuja ratkaisuja voidaan myydä avaruustoiminnan ulkopuolisilla markkinoilla tai hyödyntää muulla tavoin ESA-toiminnan ulkopuolella.

Suorien liiketoimintavaikutusten ohella, tai oikeammin niiden sijaan, ESA-toiminnan odotetaan synnyttävän synergiaetuja avaruuslaitteita valmistavien yritysten muuhun liiketoimintaan. ESA-toimintaan osallistuminen voi olla myös merkittävä tekijä yritysten osaamisen kehittymisessä. Lisäksi liiketoiminnan kehittämisen kannalta tärkeitä välillisiä vaikutuksia ovat myös projektien synnyttämät verkostot ja niiden tuottamat referenssit.

Esimerkiksi PIA ry:n teettämässä Avaruusteollisuuskatsauksessa yritykset nostavat esiin sen, että avaruustoiminnan hyötyjen siirtäminen osaksi yritysten muuta toimintaa vaatii pitkän aikajänteen. Avaruusprojekteihin osallistuminen voi luoda sellaista osaamispääomaa, jonka hyödyllisyyttä tai tuottamia liiketoimintamahdollisuuksia ei ole mahdollista välittömästi tunnistaa. Tätä hyötyä tavoitellaan tietoisesti. Esimerkiksi Oxford Instruments kuvaa, ettei avaruusteollisuus yksinään ole sitä kiinnostavaa liiketoimintaa, sillä siinä ei nähdä kasvumahdollisuuksia. Sen sijaan toimintaan osallistuminen on perusteltua teknologian siirron näkökulmasta. Tosin tämän prosessin todetaan olevan varsin hidas. Pienemmille yrityksille ESA-toimintaan osallistuminen on hyvä referenssi ja sitä voi hyödyntää myös markkinoinnissa tai verkostojen rakentamisessa.[59]

Arvioinnin yhteydessä tehdyissä haastatteluissa nostettiin esiin, kuinka puolustus- ja ilmailuteollisuudessa käytettävät ratkaisut ovat usein varsin lähellä avaruusteknologiaa, mikä korostaa synergiaetuja alojen välillä. Suomessa tämä yhteys on varsin vähäinen, sillä ainoa alan suurempi toimija Suomessa on Patria. Puolustusvoimat ja muut julkiset toimijat voivat olla myös merkittäviä teknologian tilaajia monissa maissa. Avaruusteollisuuskatsauksessa Patrian kuvataankin osallistuvan avaruustoimintaan nimenomaan sen luonteen vuoksi. Avaruuteen kehitettävä teknologia vaatii toimintavarmuutta vaikeissa olosuhteissa, minkä vuoksi sen kehittämisen nähdään hyödyntävän myös yrityksen muuta toimintaa.

[59] Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 15-28.

Patrian kerrotaan myös tavoittelevan systemaattisesti spin-in- ja spin-off-mahdollisuuksia avaruustoiminnassa.[60]

Arvioinnin yhteydessä toteutetussa sähköisessä kyselyssä avattiin yritysten motivaatiota yleensä osallistua avaruustoimintaan. Kyselyn kautta kantaa ottaneista yrityksistä yli puolella avaruustoiminta muodosti liikevaihdosta alle 5 prosenttia. Kuvasta 4 käy ilmi, miten yritykset ovat arvottaneet erilaisia motivaatioita osallistua avaruustoimintaan asteikolla 1–5.

Kyselyyn vastanneille yrityksille tärkeimmän syyn osallistua avaruustoimintaan liittyviin hankkeisiin näyttäisi muodostavan referenssit ja niiden mukanaan tuoma uskottavuus. Osa yrityksistä on kehittänyt itselleen uutta avainteknologiaa pitkään ja määrätietoisesti osana avaruustoimintaa. Osalle avaruustoiminta tuo näkyvyyttä. Myös uusi teknologia on keskeinen perustelu toimintaan osallistumiselle, mutta vastauksissa korostuu myös toiminnan liiketaloudellisen kannattavuuden tärkeys: Avaruustoiminnan tulee osoittaa paikkansa yritysten sisällä.

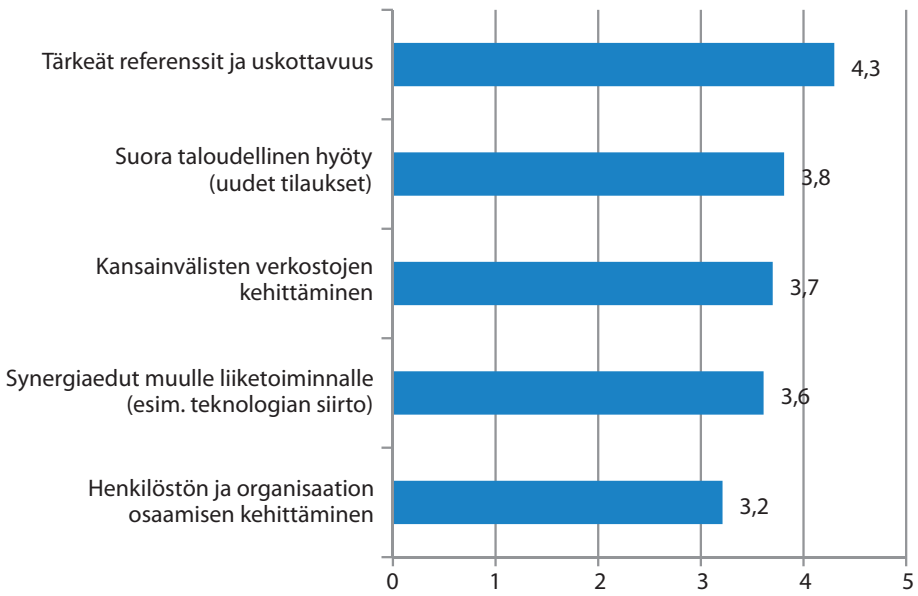
Kyselyssä yrityksiä pyydettiin myös kertomaan, miten suureksi he arvelevat avaruustoiminnan yhteydessä syntyneen osaamisen tai teknologian merkityksen yrityksen muiden tuotteiden tai palveluiden kannalta. Kolmasosa vastaajista ei nähnyt ollenkaan tällaista yhteyttä. Sen sijaan puolet vastanneista yrityksistä tunnisti tällaisia synergiaetuja löytyneen.

ESA-toiminnan rinnalla myös muut kansainväliset organisaatiot tarjoavat mahdollisuuksia suomalaisille yrityksille ja tutkimustoimijoille osallistua kansainväliseen yhteistyöhön. EUMETSAT nousi haastatteluiden yhteydessä esille yhtenä vaihtoehtona, jonka suhteen suomalaiset yritykset voisivat aktivoitua enemmän.

Satelliitti-informaatiota hyödyntävien yritysten näkökulmasta on tärkeää, että erilaiset yhteiskunnalliset panostukset takaavat niiden toiminta-edellytykset. Erityisesti tällöin voidaan nostaa esiin osaamisen ja koulutuksen kehittämiseen liittyvät kysymykset, sillä avaruustoiminta sen kaikilla asteilla edellyttää korkeaa osaamista.

Kaiken kaikkiaan arvioinnin näkökulmasta yritysten kansainväliseen toimintaan osallistuminen on lähtökohta niille vaikutuksille, jotka voivat näkyä liiketoiminnan kasvuna, organisaatioiden osaamisen kehittymisenä sekä muunlaisina synergiaetuina yritysten liiketoiminnalle.

Kuva 4. Avaruustoimintaan osallistumisen tuomat edut yrityksissä. 1–5, jossa 1=täysin eri mieltä ja 5=täysin samaa mieltä (keskiarvo, n=12)



[60] Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 15-16.

CASE 1

Arbonaut Oy – kaukokartoituksesta liiketoimintaa

Arbonaut Oy on Joensuusta lähtöisin oleva yritys, joka yhdistää toiminnassaan tietotekniikkaa ja kaukokartoitusta metsävarojen inventointia varten. Teknologisen innovaation avulla voidaan korvata laajat maastomittaukset ja tarkkaa metsävaratietoa pystytään siten tuottamaan kustannustehokkaasti. Arbonaut on kehittänyt ensimmäisenä maailmassa kattavan operatiivisen menetelmän niin havumetsien kuin trooppisten metsien inventointiin. Menetelmät hyödyntävät laserkeilausta sekä satelliitti- ja ilmakuvia. Arbonaut hyödyntää tehokkaasti uusinta luonnonvarojen mittaus- ja kaukokartoitusteknologiaa.

Yritys toimii maailmanlaajuisesti, mutta sen pääkonttori sijaitsee Joensuussa. Arbonaut pitää Joensuuta maailman "metsäpääkaupunkina". Pohjois-Karjalassa on alan maailmanluokan tutkimusta sekä erinomaista metsäalan koulutusta, innovatiivisia teollisia asiakkaita ja yhteistyökumppaneita. Arbonautin vahvuutena ovat vahvat verkostot ja se, että toiminta keskittyy valitulle kapealle palvelusektorille. Arbonaut tekee yhteistyötä Joensuussa toimivien tutkimusorganisaatioiden ja yritysten kanssa sekä suurten kansainvälisten yritysten kanssa kuten UPM, Oracle ja IBM. Suomessa Arbonautin asiakkaita ovat muun muassa Metsähallitus ja metsäkeskukset. Esimerkiksi EU:n puiteohjelmat ovat tärkeitä verkostoitumiselle ja siten niillä on välillisiä vaikutuksia, vaikka itse hankkeissa harvoin tulee läpimurtoja.

Lähiympäristössä Arbonaut työllistää palveluvientimarkkinoilla. Tavoitteena on rakentaa palveluketjuja, joiden tekninen kehitys on Suomessa. Tällä hetkellä yrityksessä toimii 80 työntekijää, joista noin puolet on metsäalan ammattilaisia ja noin puolet on IT-osaajia. Työntekijöiden joukossa on 25 eri kansallisuutta ja työntekijöitä rekrytoidaan yliopistojen maisteriohjelmista sekä harjoittelijavaihdon kautta. Merkittävä osa nuoristä työntekijöistä tulee kehitysmaista, koska tulevaisuudessa päämarkkinat ovat siellä. Arbonautin verkostoitumisella on tärkeä välillinen vaikutus myös osaamiseen.

Metsien laserkeilaus on otettu vuodesta 2010 alkaen Suomessa päämenetelmäksi, kun metsiä mitataan metsän hoitoa ja puunkorjuun suunnittelua varten. Suomi on maailman johtava kohdemarkkina laserkeilauspohjaiselle metsäinventoinnille. Suomen metsiä pystytään mittaamaan tarkemmin kuin "saapasaikaan" ja merkittävästi pienemmin kustannuksin. Suomen metsävarat saadaan entistä tarkemmin selville. Isot metsäyritykset ovat julkisen sektorin lisäksi ottaneet mittaustekniikan käyttöön. Liikevaihdoltaan Arbonautin toiminta on suurinta USA:ssa. Siellä laserkeilausta hyödynnetään esimerkiksi mittaamaan yhden puun tarkkuudella puiden mahdollisuutta kaatua voimalinjojen päälle. Suurin vaikutus mittaustekniikalla on kehitysmaissa. YK:n tavoitteena on luoda ohjelma, josta trooppisten maiden asukkaat saavat rahaa metsien suojelusta. Raha voidaan mittausten avulla kohdentaa yksittäisiin kyliin korkean resoluution ansiosta.

Toiminnan suurin kasvupotentiaali liittyy ilmastonmuutokseen ja YK:n metsäohjelmaan. *"Jos maailmantalous yskii tai tulee poliittisia viiveitä, metsien kaukokartoituksen markkinoiden kasvu voi hidastua. Mutta tavoitteena on ohjelma, jolla metsä voi muuttua seteleiksi, vaikka puut edelleen seisovat pystyssä!"*

Lähteet: www.arbonaut.com ja Tuomo Kauranteen (President, Arbonaut) haastattelu 14.11.2011

5.2 Tutkimus- ja osaamisvaikutukset

Suomalaisten avaruustoimintaan liittyvä osaamisen kehittyminen on toinen avaruustoiminnan keskeisistä vaikutussuunnista. Toisaalta siihen liittyvä toiminta ja panostus tulee nähdä ennen kaikkea muita vaikutuksia mahdollistavana toimintana, sillä osaamisen kehittyminen mahdollistaa erilaisten vaikutusten synnyn, liittyivät ne sitten liiketoiminnan kehittämiseen, julkisen hallinnon toimintakykyyn tai tieteelliseen ja teknologiseen kompetenssiin. Arvioinnin yhteydessä haastatellut asiantuntijat olivat varsin yhtä mieltä siitä, että osaamisen kehittymisen varmistaminen on yksi keskeisimmistä suomalaisen avaruustoiminnan edellytyksistä.

Osaamisvaikutukset eivät koske ainoastaan yritysten kilpailukykyä tai puhtaasti tieteellisiä kysymyksiä, vaan ne näkyvät myös julkisen hallinnon toiminnassa. Esimerkiksi Suomen ympäristökeskus (SYKE), Ilmatieteen laitos ja Geodeettinen laitos ovat itsekin aktiivisia tutkimustoimijoita. Oma roolinsa on myös VTT:llä, joka Ilmatieteen laitoksen tavoin tunnistetaan toimijaksi, joka voi edesauttaa varsin suoraan myös yritysten toimintaa. Yritysten yhteistyö tutkimuslaitosten kanssa helpottaa esimerkiksi ESA-projekteihin liittyvää hallinnointia.[61]

Monet haastateltavat nostavat esiin sen, että suomalainen avaruustutkimus on ollut menestynyttä. Haastateltavat kuvailevat avaruustutkimusta alana terveen kokoiseksi ja korostavat että tietyissä asioissa suomalainen

[61] Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 25.

osaaminen on maailman huippua. Avaruuteen liittyvää tutkimustoimintaa pidetään kuitenkin kalliina, mikä toisaalta myös korostaa tehtyihin valintoihin sitoutumisen merkitystä. Avaruustutkimuksen tieteellisten vaikutusten merkitystä yhteiskunnalle on myös vaikea ennakoida etukäteen. Haastatteluissa avaruustutkimus nostetaan esiin teemana, joka on aina kiinnostanut ihmiskuntaa ja tulee olemaan yhä laajenevan kiinnostuksen kohteena tulevaisuudessa. Avaruustutkimuksen katsotaan laajentavan ihmisten käsitystä maailmankaikkeudesta, mitä monet itsessään pitävät riittävänä perusteluna toiminnalle. Tämän tiedon merkitystä ei voi ennakolta arvottaa.

5.2.1 Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonala

Opetus- ja kulttuuriministeriön näkökulmasta avaruustoiminta tiivistyy osaamisen kehittämisen ja tieteellisten tulosten ympärille. Avaruustoimintaa voidaan lähestyä opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonalalla sekä Suomen Akatemian että yliopistojen perusrahoituksen kautta.

Akatemian tavoitteena on tukea korkeatasoista ja menestyvää tutkimusta, jonka tuloksilla voidaan nähdä useita yhteiskunnallisia vaikutussuuntia esimerkiksi ympäristön, terveyden ja liiketoiminnan kehittämisen näkökulmista.

Liiketoiminnan kehittäminen ei ole hankkeiden tavoitteena, mutta sitä voidaan pitää yhtenä toiminnan sivutuotteena ja tutkimustoiminnan kansainvälisen infrastruktuurien rahoittaminen mahdollistaa myös suomalaisten yritysten mahdollisuuden kehittää omaa toimintaansa osallistumalla infrastruktuurin rakentamiseen ja ylläpitämiseen. Yleisesti ottaen haastateltavat näkevät avaruusteollisuuden ja avaruustutkimuksen välillä selkeän yhteyden. Kansainvälisiin tutkimuksen kärkihankkeisiin osallistuminen ja siten tutkimusdatan saaminen käyttöön ensimmäisten joukossa voi edellyttää laiterakentamiseen liittyvää osaamista. Tieteellisiin hankkeisiin osallistuminen tarjoaa näin tutkimuslaitoksille ja yrityksille mahdollisuuden osallistua uuden teknologian kehittämiseen. Toisaalta teknologian kehityksen kärkihankkeissa mukana oleminen on ehdottoman tärkeää myös tieteellisen toiminnan kannalta.

Toisin sanoen tutkimustoiminta vie välillisesti eteenpäin myös avaruusliiketoimintaa ja avaruustutkimuksen ajatellaan olevan osa avaruustoiminnan kokonaisuutta, jota ilman avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli ajan myötä katkeaisi. Tämän vaikutuslogiikan katsotaan toimivan myös toisin päin: teknologiaan ja laiterakentamiseen liittyvä osaaminen on edellytys korkeatasoiselle tieteelle.

Haastatteluiden yhteydessä avaruustoiminta rinnastettiinkin muihin "big science" -hankkeisiin, kuten CERN ja ITER, jotka tarjoavat tilaisuuksia eri yrityksille ja tutkimuslaitoksille työskennellä täysin uudenlaisten ja haastavien teknologioiden parissa. Tämä voi synnyttää spin-off-yrityksiä sekä uudenlaisen teknologian mahdollistamia tuotteita. Lisäksi haastatteluissa korostuu näkemys, jonka mukaan Suomi pääsee osalliseksi uraauurtaviin tiedehankkeisiin varsin pienillä panostuksilla.

Osaamisen leviäminen ja liikkuvuus

Suomen Akatemian näkökulmasta tutkijoiden tulisikin siirtyä entistä enemmän myös elinkeinoelämän palvelukseen, mikä Suomessa usein tarkoittaa toimimista avaruussektorin ulkopuolella, sillä alan mahdollisuudet ovat rajattuja. Tutkijoiden tulisi näkemysten mukaan myös itse tunnistaa omaa osaamistaan entistä paremmin. Tällä hetkellä Suomen Akatemian tietojen mukaan avaruustutkimusta tekevät henkilöt jatkavat pääsääntöisesti samoissa tutkimusryhmissä ja -organisaatioissa toimimista.[62] Tutkijoiden entistä suurempi liikkuvuus tarkoittaisi myös sitä, että tutkimus- ja osaamisvaikutukset eivät rajautuisi ainoastaan varsinaisen tutkimustoiminnan sisälle, vaan sitä voitaisiin hyödyntää laajemmin myös toisilla toimialoilla.

Tutkijoiden liikkuvuus on Suomen Akatemian näkökulmasta tavoiteltava asia ja suomalaisten vähäistä liikkuvuutta etenkin ulkomaille on myös hakemuksia arvioivissa kansainvälisissä tutkimuspaneeleissa kritisoitu. Tätä näkemystä tukee arvioinnin yhteydessä tehty sähköinen kysely, jossa tutkimustoiminnassa mukana olevat vastaajat arvioivat oman toimintansa selkeästi heikommaksi osa-alueeksi juuri tutkijoiden liikkuvuuden kotimaassa.

Yliopistojen ja korkeakoulujen tutkimustoiminta

Vaikka yliopistojen ja korkeakoulujen avaruustutkimus on rajattu tämän arvioinnin ulkopuolelle, voidaan vaikuttavuusmallin näkökulmasta tunnistaa ne keskeiset alueet, joilla yliopistojen tutkimus- ja koulutustyö tukee avaruus-

[62] Tiedot perustuvat viimeisten neljän vuoden aikana tehtyihin tutkimusraportteihin, joita käsiteltiin haastattelun yhteydessä.

toiminnan kokonaisuutta varsinaisen avaruustutkimuksen ulkopuolella. Näitä ovat arvioinnin aikana esiin nousseiden näkemysten mukaan erityisesti paikannus- ja navigointiteknologiaa, kaukokartoitustoimintaa sekä avaruusteknologiaa kehittävä tutkimus. Lisäksi haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että yliopistojen ja korkeakoulujen jatkuva tutkimus- ja opetustoiminta varmistaa sen, että ala saa osaavia ihmisiä tasaisesti. Muuten avaruusteknologiaan liittyvän osaamisen kehittyminen olisi kiinni epäsäännöllisesti rahoitettavista projekteista. Näin ollen yliopistojen ja korkeakoulujen tutkimustoiminta omalta osaltaan tukee Suomen avaruustoiminnan kokonaisuutta luomalla aloille osaamisesta, mitä tarvitaan satelliitti-informaation soveltamisessa. Esimerkiksi maantarkkailuun liittyvä tieteellinen osaaminen on niin liikenne- ja viestintäministeriön, maa- ja metsätalousministeriön kuin ympäristöministeriönkin hallinnonalojen näkökulmasta erittäin tärkeää, mikä puolestaan korostaa suomalaisen avaruustoiminnan tutkimusvetoisuutta.

Tutkimusvaikutusten osalta huomionarvoista on myös se, että avaruusteknologian tulee toimia haastavassa ympäristössä, minkä vuoksi se on houkutteleva tutkimuskohde ja mahdollistaa sovelluksia myös muilla aloilla. Aalto-yliopistolla on parhaillaan käynnissä Aalto-1-satelliittiprojekti, joka tarjoaa mielenkiintoisten teknologisten haasteiden lisäksi opiskelijoille kokemusta myös kurinalaisesta projektityöstä.

Tässä yhteydessä on hyvä huomata, että suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuutta tukee myös monella muulla alalla, esimerkiksi maantieteen, matematiikan ja fysiikan aloilla tehtävä perustutkimus.

CASE 2

Aalto-1 – Ensimmäinen suomalainen satelliitti

Aalto-1 on suomalainen opiskelijasatelliitti, joka tullaan laukaisemaan avaruuteen vuoden 2013 lopulla tai vuoden 2014 alussa. Satelliittiprojektissa yhdistyy monia suomalaisen avaruustoiminnan kannalta mielenkiintoisia elementtejä ja toiminnassa ovat mukana avaruustoiminnan keskeiset organisaatiot. Aalto-1-projekti auttaa kouluttamaan insinöörejä ja tutkijoita. Satelliitin avulla kehitetään avaruusteknologiaa ja sen mukana avaruuteen lähetään uudenlaisia tieteellisiä instrumentteja. Aalto-1 tulee olemaan ensimmäinen suomalainen satelliitti.

Aalto-1-opiskelijasatelliittiprojektia vedetään Aalto-yliopiston radiotieteen ja -tekniikan laitoksella. Satelliittia rakennetaan pääasiassa opinnäytetöiden ja erilaisten projektien avulla. Aalto -yliopiston lisäksi hankkeeseen osallistuu mm. Ilmatieteen laitos, Helsingin yliopisto, Turun yliopisto, VTT ja joukko keskeisimpiä suomalaisia avaruusalan yrityksiä.

Aalto-1 edustaa nanosatelliittiteknologiaa. Satelliitti tulee painamaan ainoastaan 3–4 kiloa ja sisältämään silti kolme tieteellistä instrumenttia. Tässä suhteessa Aalto-1 eroaa useimmista opiskelijasatelliiteista, joiden tavoitteena on usein vain todistaa oma toimintakyky. Nanosatelliittiteknologian testaaminen ja kehittäminen on yksi projektin merkittävistä tavoitteista. Nanosatelliitteja pidetään yhtenä tulevaisuuden satelliittiteknologiaan liittyvänä trendinä, jossa kannattaa olla mukana. ESA rahoittaa satelliitin pääinstrumenttia, mikä on VTT:n johdolla rakennettava kuvantava spektrometri. Helsingin yliopiston ja Turun yliopiston yhteistyöllä satelliitille rakennetaan RADMON-säteilymonitori. Kolmantena laitteena mukaan lähtee VTT:n kehittämä plasmajarru, jolla testataan aurinkotuulipurjeeseen liittyvien ideoiden toimivuutta. Nanosatelliitin hyödyntäminen tieteellisessä tutkimuksessa on mielenkiintoinen kokeilu, sillä isoihin satelliitteihin verrattuna resurssitarpeen kuvataan olevan nanosatelliittien kohdalla huomattavasti pienempi.

Suomalaisen avaruustoiminnan kannalta Aalto-1 on merkittävä projekti. Opiskelijat pääsevät kehittämään omia taitojaan avaruusteknologian parissa. Teknologian lisäksi hankkeessa oppii kurinalaista projektityötä ja pääsee työskentelemään osana kansainvälistä ympäristöä. Avaruusprojekteihin liittyvää haasteellisuus ja poikkitieteellisyys ovat kehittävää ja hankkeesta saatua oppia voi soveltaa monipuolisesti eri aloilla. Satelliittiprojekti on opiskelijoiden näkökulmasta houkutteleva ja mielenkiintoinen oppimiskohde. Aalto-2-projekti onkin jo valmisteilla. Aalto-1-hanke ilmentää myös hyvin sitä, kuinka avaruusteknologia koetaan mielenkiintoisena. Hankkeen kotisivulle on kerätty usean kymmenen kotimaisen ja ulkomaisen radio- ja lehtijutun listaus. Avaruus on houkutteleva tapa herättää kiinnostusta tieteeseen ja teknologiaan.

Lähteet

Aalto-1-hankkeen kotisivut: https://wiki.aalto.fi/display/SuomiSAT/Etusivu
Aalto-1etenee vauhdilla (25.1.2012): http://www.esa.int/esaCP/SEMRAWH8RXG_Finland_0.html
Professori Martti Hallikaisen haastattelu (29.11.2011)
Dekaani Tuija Pulkkisen haastattelu (15.11.2011)

Avaruustutkimuksen tiede-viestinnällinen vaikutus

Edellä kuvattujen vaikutussuuntien ohella avaruustutkimus herättää aihepiirinä suurta kiinnostusta, millä on opetus- ja kulttuuriministeriön näkökulmasta merkittävä viestinnällinen vaikutus. Avaruustutkimus lisää ymmärrystä maailmankaikkeudesta ja siihen liittyvät hankkeet ovat luonteeltaan hyvin kiinnostavia suurelle yleisölle. Esimerkiksi nuorten kiinnostusta luonnontieteisiin on helppo herättää avaruuteen liittyvän tutkimuksen kautta. Avaruuteen liittyvien tutkimusesimerkkien kerrotaankin haastatteluissa olevan yliedustettuina tiedeviestinnässä. Tämä kuvaa sitä, miten avaruustutkimusta pidetään tieteen eturintamana ja miten kiinnostus avaruuteen ja avaruustieteeseen on suurta.

5.2.2 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala

Ilmatieteen laitoksella tehdään paljon tutkimustyötä, joka kytkeytyy avaruustoimintaan. Esimerkiksi kaukokartoitusinformaatioon liittyvää työ auttaa luomaan sekä tutkimuksellista loppukäyttöä (ilmastotutkimus) että kehittämään operatiivisia palveluita (jäänavigointi, ilmansaasteet, tuhkapilvet, metsäpalot, metsätalous ja hydrologia). Ilmatieteen laitoksella tehdään myös avaruustutkimusta, josta esimerkkinä haastatteluissa nostetaan esiin avaruussään, kuten magneettisten myrskyjen tutkimus. Tällä alalla tunnistetaan potentiaalisesti olevan myös merkittäviä yhteiskunnallisia vaikutuksia, sillä magneettiset myrskyt vaikuttavat myös satelliittien ja maanpäällisen infrastruktuurin toimintaan.

Perinteisen tutkimustoiminnan ohella Ilmatieteen laitos on mukana monissa hankkeissa, joissa on rakennettu teollisuuden kanssa tutkimusinstrumentteja. Tältä osin osaamisen hyödyntämisessä keskeisessä roolissa on Tekesin rahoitus, joka mahdollistaa yritysten kanssa tehtävää yhteistyötä. Haastatteluaineiston perusteella Ilmatieteen laitoksen (kuten myös VTT:n) merkitys vaikutusten saavuttamisessa korostuu myös siinä, että laitoksella tehtävä tutkimus synnyttää myös spin-off-mahdollisuuksia.

Myös Ilmatieteen laitoksen osaamisvaikutusten mahdollistamisen kannalta tärkeässä roolissa on osaamisen liikkuminen. Edellytyksiä osaamisen liikkumiselle parantaa laitoksen sijainti Helsingissä osana Kumpulan kampusta, johon on keskittynyt Helsingin yliopiston luonnontieteelliset oppiaineet.

Osaamisen lisäksi Ilmatieteen laitos ylläpitää suomalaisen avaruustoiminnan kannalta keskeistä infrastruktuuria, jonka ympärille on mahdollista rakentaa muuta avaruustoimintaa. Tästä esimerkkinä Sodankylän vastaanottoasema, jonka katsotaan parantavan operatiivisen avaruustoiminnan edellytyksiä.

Liikenne- ja viestintäministeriön näkökulmasta avaruustoimintaan liittyy Ilmatieteen laitoksen toiminnan lisäksi erityisesti paikannus- ja navigointitiedon sovellusmahdollisuuksia. Liikenne- ja viestintäministeriö korostaa toiminnassaan esimerkiksi älyliikennettä osana suomalaisen liikennejärjestelmän kehittämistä. Tässä suhteessa tärkeää on myös viestiä Galileo-järjestelmän mahdollisuuksista alan yrityksille.

5.2.3 Muut tutkimus- ja osaamisvaikutukset

Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalalla edellä kuvattuja osaamisvaikutuksia syntyy VTT:n toiminnan kautta. Arvioinnin haastatteluissa VTT:n on todettu puolustavan paikkaansa erityisesti satelliitti-informaation soveltamiseen liittyvien teknologioiden ja palveluiden kehittäjänä. VTT:n toiminta nähdään hyvin merkittävänä myös yrityksille, joille VTT tarjoaa osaamista, resursseja ja infrastruktuuria. Lisäksi VTT voi toimia myös projektien johtajana. VTT nähdään oleellisena yhteistyökumppanina, jonka läsnäolo tuo uskottavuutta projekteille jo tarjousvaiheessa.

Kansainväliseen osallistumiseen liittyen keskeiseksi osaksi avaruustoiminnan osaamisvaikutuksia tunnistetaan myös suomalaisten toimijoiden mahdollisuus työskennellä kansainvälisissä organisaatioissa. Nämä henkilöt saavat tärkeää kansainvälistä kokemusta, mikä hyödyntää suomalaisen avaruustoiminnan kokonaisuutta, kun henkilöt palaavat muihin tehtäviin Suomeen. Arvioinnin yhteydessä käydyissä keskusteluissa on myös huomautettu, että suomalaisille maksetut palkkarahat eivät myöskään ole mitätön osa avaruustoiminnan kokonaisuudessa. Esimerkiksi ESA:ssa työskenteli vuonna 2010 20 suomalaista henkilöä.[63]

Myös yritysten osallistumiselle avaruustoimintaan tunnistetaan yhtä yritystä laajemmalle ulottuvia osaamisvaikutuksia. Esimerkkinä tästä on mm. se, että monissa yrityksissä on tehty kymmeniä diplomitöitä ja väitöskirjoja. Samoin avaruustutkimuksen ja siinä tarvittavien laitteiden rakentamisen

[63] Annual report 2010. ESA 2011, 66..

katsotaan olevan toimintana sen veran vaativaa ja kiinnostavaa, että se houkuttelee nuoria tutkijoita ja insinöörejä.[64] Tätä kautta toiminnassa syntyvää osaamista voidaan hyvin soveltaa myös muunlaisilla aloilla.

5.3 Vaikutukset julkisen sektorin toimintaan

Julkisen sektorin toimintaan kohdistuvien vaikutusten näkökulmasta tärkeässä asemassa on satelliitti-informaatio (satelliittikuvat ja paikannusinformaatio) ja sen hyödyntäminen. Satelliitti-informaatiolla on esimerkiksi keskeinen rooli sääennustusten luotettavuuden kannalta. Satelliittidataa voidaan hyödyntää monen yhteiskunnan kannalta kriittisen toiminnan tehostamisessa. Usein käytetty esimerkki ovat Itämeren jäätilannetta kuvaavat palvelut, joiden perusteella esimerkiksi jäänmurtajia voidaan hyödyntää tehokkaammin. Tämä on tärkeää sekä suomalaisen vientiteollisuuden että lopulta huoltovarmuuden kannalta. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna on selvää, että suomalaisen yhteiskunnan kyky ja mahdollisuus hyödyntää satelliitti-informaatiota tuottaa yhteiskunnalle selkeitä positiivisia vaikutuksia.

5.3.1 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala

Avaruustoiminnan tuotoksia tarkasteltaessa todettiin, että LVM:n hallinnonala vastaa monesta avaruusinfrastruktuurin ylläpitoon ja kansainvälisiin yhteyksiin liittyvistä toiminnoista (katso luku 5.1.1). Kaikkien näiden kautta ylläpidetään ja edistetään suomalaisten toimijoiden mahdollisuuksia osallistua toisaalta järjestelmien kehittämisen mutta ennen kaikkea niiden soveltamiseen. Liikenne- ja viestintäministeriön toiminnassa avaruustoiminta tukeekin sellaisia infrastruktuureja ja palveluita, jotka monet arvioinnissa kuullut asiantuntijat katsovat olevan välttämättömiä nykyisen yhteiskunnan toimivuudelle.

Itse ministeriön ohella hallinnonalalla avaruustoiminnassa on erittäin vahvasti mukana Ilmatieteen laitos. Ilmatieteen laitos tuottaa avaruustoimintaan liittyvän osaamisen kautta merkittäviä yhteiskunnallisia vaikutuksia mm. sääennustuksien ja Itämeren jäätilanteeseen liittyvien operatiivisten palveluiden kautta. Asiantuntijoiden haastatteluissa nostettiin toistuvasti esiin se, että nykyiset sääennustukset perustuvat myös satelliitti-informaatioon ja sitä kautta ne tuottavat merkittäviä vaikutuksia. Satelliitti-informaation avulla sääennusteiden ja niitä rakentavien mallien laatua on parannettu.

VTT on tutkinut Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuutta ja arvottanut sitä toimialoittain vuonna 2007. Asiaa käsittelevässä raportissa tunnistetaan, kuinka useat yhteiskunnan sektorit ja toimijat hyödyntävät meteorologista tietoa. Palvelut auttavat vesi- ja lentoliikennettä ehkäisemään onnettomuuksia ja ympäristövahinkoja sekä säästämään polttoainekustannuksissa. Rautatieliikenne voi varautua paremmin erilaisiin säästä johtuviin häiriöihin. Meteorologisten palveluiden merkitys logistiikalle ja erilaisille toimitusketjuille on ylipäänsä hyvin merkittävä. Maataloustuotannossa hyötyjä syntyy tuholaisten torjunnassa ja kun satoa pystytään suojaamaan sekä sadonkorjuuta tehostamaan. Energian tuotantoon liittyen sääpalvelut auttavat ennakoimaan energian saatavuutta ja tehostamaan sen tuotantoa. Sääpalveluiden merkitykset ovat keskeisiä myös kiinteistönhallinnolle ja talonrakennukselle, joiden toimintaa ne tehostavat. Sääpalvelut auttavat eri toimialoilla varautumaan riskeihin ja näin voidaan välttää erilaisia vahinkokustannuksia. Raportin kirjoittajat toteavat, että tulevaisuudessa myös pidempien ennusteiden merkitys ja hyödyntäminen lisääntyy, kun niiden luotettavuus parantuu. Samalla erilaiset ilmastoskenaariot auttavat varautumaan ja sopeutumaan ilmastonmuutokseen sekä erilaisiin ääri-ilmiöihin.[65]

VTT:n raportissa lasketaan, että Ilmatieteen laitoksen palveluiden yhteiskuntataloudellinen hyöty olisi noin 260 miljoonaa euroa vuodessa. Raportissa tämä luku suhteutetaan niihin kokonaiskustannuksiin, joilla Ilmatieteen laitos tuotti palvelut (vuonna 2005 noin 54 miljoonaa euroa). Jokainen Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu euro olisi tuottanut näin ollen itsensä viisinkertaisena takaisin. Raportissa lasketaan myös, millaista potentiaalista hyötyä palveluita, niiden jakelua ja hyödynnettävyyttä parantamalla voitaisiin saavuttaa. Tämä luku on 166 miljoonaa euroa vuodessa. Raportissa hyödyt tiivistetään parempaan ennakointiin ja suunnitteluun sekä mahdollisuudesta varautua vahinkoihin ja onnettomuuksiin. Sää- ja kelipalveluita hyödyntää

[64] Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 44.

[65] Hautala, Raine ja Leviäkangas, Pekka (toim.): Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus - Hyötyjen arviointi ja arvottaminen eri hyödyntäjätoimialoilla. VTT Publications 655. Espoo 2007, 175-177.

paljon mm. liikenne, mikä näkyy parantuneena turvallisuutena sekä väylien kunnossapidon ja tehostuneen logistiikan tuottamina merkittävinä taloudellisina hyötyinä.[66]

Haastatteluaineiston perusteella voidaan todeta, että liikenne- ja viestintäministeriön näkökulmasta sääpalvelut auttavat varautumaan myös teiden rakentamiseen ja eri väylien kunnossapitoon. Suuremmassa mittakaavassa tämä liittyy ilmastonmuutokseen, sillä lämpenevät talvet tekevät väylien kunnossapidosta hankalaa. Samoin ministeriön näkökulmasta myös erilaisten ääri-ilmiöiden haltuunotto on tärkeää. Tässä suhteessa sääpalveluiden kehittäminen avaruustoiminnan avulla kautta on ministeriön näkökulmasta tärkeä asia. Samoin jos mietitään muita hallinnonalojen, kuten puolustusvoimia, on toimivien sääpalveluiden merkitys ilmeinen.

Sääennusteiden ohella keskeinen satelliittidataa hyödyntävä operatiivinen toiminta on jääpeitteen havainnointi, jota mm. talvinen meriliikenne hyödyntää aktiivisesti. Jäätilanteen perusteella voidaan esimerkiksi ohjata jäänmurtajapalveluita optimaalisella tavalla. Palvelut ovat myös merkittäviä merenkulun turvallisuuden kannalta. Näissä palveluissa yhdistyy navigointi- ja paikannusteknologia hyödyt kaukokartoitusaineiston mahdollistamiin palveluihin.

Meriliikenteen sujuvuudesta ei ole tehty samanlaista selvitystä kuin sääpalveluista, mutta sen yhteiskunnalliset vaikutukset ovat ilmeiset. Suomalainen vientiteollisuus tarvitsee merikuljetuksia ja samoin niiden sujuvuus on oleellista Suomen huoltovarmuuden kannalta. EU:n kaukokartoitustoimintaa kehittävä GMES-ohjelma tuottaa operatiivista aineistoa ilmaiseksi jääpalveluita varten. GMES-toiminnan tulevaisuus on epävarma, sillä ohjelma ei vielä sisälly EU:n seuraavaan budjettiin. Haastatellut asiantuntijat ovat sitä mieltä, että mikäli jääpalveluihin tarvittavia aineistoja ei tulevaisuudessa saada GMES:n kautta, tullaan ne hankkimaan erikseen.

[66] Mt., 177-179

CASE 3

Sodankylän satelliittikeskus – Avaruustoiminnan infrastruktuurin kehittäminen

Ilmatieteen laitoksen 23.11.2011 käyttöön vihityn uuden satelliittivastaanottoaseman myötä Sodankylästä on muodostunut kansainvälinen satelliittipalvelukeskus. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä satelliittivastaanottoasema tehostaa pohjoisten ja arktisten alueiden ympäristöhavainnointia. Keskuksen toimintaa on kehitetty vuodesta 1998 lähtien.

Uusi satelliittivastaanottoasema mahdollistaa tietoliikenneyhteydet satelliittien ja maan välille. Keskus vastaanottaa naparadoilla kiertävien kaukokartoitussatelliittien havaintoaineistoa. Vastaanoton lisäksi aseman tekniikka mahdollistaa aineistojen prosessointi-, arkistointi- ja jakelupalvelut. Ilmatieteen laitoksen ja muiden suomalaisten organisaatioiden lisäksi satelliittikeskus palvelee mm. NASAn, ESAn ja EUMETSATin toimintaa. Sodankylän satelliittikeskuksen vahvuuksia ovatkin sijainti napapiirillä ja hyvätasoiset maanpäälliset havainnointilaitteet, joiden avulla satelliittihavaintoja voidaan luotettavasti kalibroida.

Ilmatieteen laitos ja esimerkiksi Suomen ympäristökeskus hyödyntävät Sodankylän satelliittikeskuksen toimintaa omien palveluidensa tuottamisessa. Vastaanotettava data parantaa esimerkiksi arktisten alueiden meriliikenteen turvallisuutta, erilaisia tulvaennustejärjestelmiä sekä vaikkapa myrskytuhoihin liittyvää havainnointia. Uudet investoinnit ovat mahdollistaneet datan reaaliaikaisen vastaanoton. Operatiivista kyvykkyyttä on parannettu kahdentamalla järjestelmät sekä rakentamalla satelliittikeskuksen tietokonesaleihin varavoima- ja sammutusjärjestelmät. Vastaanottokyvykkyyden lisäksi keskuksen investoinnit ovat parantaneet satelliittihavaintojen arkistointimahdollisuutta, mikä mahdollistaa pitkien aikasarjojen keräämisen. Satelliittihavaintojen prosessointimahdollisuus auttaa rakentamaan Suomeen muista maista riippumatonta ympäristöhavainnointijärjestelmää.

Sodankylässä tehdyt investoinnit satelliitti-infrastruktuurin hyödyntämiseen kehittävät myös Lapin alueen osaamista korkean teknologian alalla ja alueen työllisyyttä. Sodankylään satelliittikeskukseen tehdyt investoinnit tukevat myös ajatusta kansallisen satelliitti- ja ilmakuva-arkiston perustamisesta. Arkisto auttaisi säilyttämään tärkeitä aineistoja ja lisäisi datan hyödynnettävyyttä. Sodankylä olisi arkistolle luonnollinen sijainti.

Lähteet

http://fmiarc.fmi.fi/satellite/satellite.php ja http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/445849

Haastattelut: Jouni Pulliainen, Yrjö Sucksdorff, Petteri Taalas

Kansallisen satelliittipalvelun tarve- ja toteuttamisselvitys, Ilmatieteen laitos, 30.3.2010

Lisäksi kaukokartoitusmateriaaleja on hyödynnetty myös erikoisluontoisemmissa tilanteissa, kuten vaikkapa lentoliikennettä häirinneiden tuhkapilvien leviämismallien rakentamisessa. Kaukokartoitusaineistojen hyödyntämiseen liittyen Ilmatieteen laitos tekee yhteistyötä maa- ja metsätalousministeriön sekä ympäristöministeriön hallinnonalojen kanssa.

5.3.2 Maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön hallinnonalat

Ilmatieteen laitoksen lisäksi satelliitti-informaatiosta erilaisia palveluita ja projekteja tuottavat mm. Suomen ympäristökeskus ja Metsäntutkimuslaitos (Metla).

Haastatteluissa kaukokartoitusaineiston hyödyntämisestä kummankin hallinnonalan toiminnassa puhutaan kuitenkin enemmän sen tulevaisuuden potentiaalin kautta. Haastateltavat kertovat, että ympäristötiedon hyödyntämisen suhteen ollaan astumassa uuteen aikakauteen, jossa perinteisten menetelmien rinnalle ei tuoda ainoastaan kaukokartoitusmenetelmiä, vaan myös esimerkiksi sosiaalisen median kautta kerättyä tietoa sekä yleensä kansalaisten havaintoja.

Vaikka yllä on pitkälti keskitytty kaukokartoitusaineistoihin, on hyvä huomata, että sekä ympäristöministeriön että maa- ja metsätalousministeriön hallinnonaloilla hyödynnetään paikannus- ja navigointi-informaatiota esimerkiksi erilaisten kenttämittausten ja tarkastusten tukena. Avaruustoiminnan vaikuttavuusmallin näkökulmasta tämä toiminta on arkipäiväistä, eikä se edellytä toimijoilta erityisiä panostuksia. Avaruustoiminnan läsnäolo on kuitenkin tässäkin yhteydessä merkittävää tunnistaa, jotta ymmärretään avaruustoiminnan kokonaisuuden merkitys infrastruktuurina sekä sen hyödyntämiseen liittyvän osaamisen tärkeys. Paikannuksen kuvaillaan haastatteluissa olevan osa elintärkeää infrastruktuuria, joka hyödyttää sekä julkisia organisaatioita että niiden palvelemia asiakkaita, kuten maatiloja.

Paikannus- että kaukokartoitusaineistoilla on merkitystä myös Suomen kansainvälisten suhteiden kannalta. Ympäristön monitorointiin liittyy yhä enemmän vaatimuksia ja kansainvälisiä sitoumuksia. Haastatteluissa on arvioitu, että tulevaisuudessa voisi olla tarpeellista, että Suomella on mahdollisuus myös itse tarkkailla kansainvälisten sopimusten pitävyyttä. Esimerkiksi Itämeren suojelun näkökulmasta on oleellista tietää, mitkä lähteet kuormittavat merta. Tässä satelliitti-informaatiolla voi olla keskeinen rooli.

Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla kaukokartoituksen osalta esimerkkinä mainitaan usein Metsäntutkimuslaitoksen (METLA) monilähteinen *valtakunnan metsien inventointi* (VMI), jota on toteutettu 1920-luvulta asti. Nykyään metsien inventointiprosessissa hyödynnetään yhdessä muiden aineistojen kanssa myös satelliittikuvia. Satelliittikuvien avulla tuloksia saadaan pienimmiltä alueilta ja paikkaan sidottuna. Metsien inventoinnin tarkoituksena on tukea kansallista ja kansainvälistä metsäpoliittista päätöksentekoa sekä auttaa suunnittelemaan alueellista ja kansallista metsätaloutta. Tiedot toimivat metsäteollisuuden investointipäätösten tukena ja niiden avulla voidaan arvioida myös metsätalouden kestävyyttä. Tutkijat voivat hyödyntää aineistoa. Metsien inventointia kehitetään jatkuvasti siihen suuntana, että siinä voitaisiin hyödyntää kaukokartoitusaineistoja parantamaan toiminnan luotettavuutta. Kehittämistoimintaa ovat rahoittaneet Tekes, EU ja ESA.[67]

Sekä Suomen ympäristökeskus että Metla hyödyntävät palveluitaan myös kehitysyhteistyössä.

5.3.3 Kansainväliseen toimintaan osallistumisen vaikutukset julkisen sektorin toimintaan

Avaruustoimintaan liittyvän osaaminen ja kansainvälisen osallistumisen mahdollistamisen lisäksi avaruustoiminnan vaikuttavuusmalliin liittyvät aineistoihin ja infrastruktuuriin liittyvät kansalliset kysymykset. Keskeisin havainto tässä suhteessa on se, että suomalaisilla toimijoilla on mahdollisuus olla mukana hyödyntämässä kansainvälistä satelliitti-infrastruktuuria ja sen tuottamaa dataa. Kansainvälinen satelliitti-infrastruktuuri on tässä suhteessa hyvä nähdä teiden tai tietoliikennejärjestelmien kaltaisena perusinfrastruktuurina, joka mahdollistaa yritysten ja muiden organisaatioiden nykyisen toiminnan. Näin ollen avaruustoiminnan vaikuttavuusmallin näkökulmasta myös julkisten toimijoiden tekemä työ kotimaisen infrastruktuurin kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi on yksi toiminnan seurattavista tuloksista. Esimerkiksi Arviointityön aikana marraskuussa 2011 avattiin Sodankylään uusi satelliittidatan vastaanottoasema, jonka ympärille on mahdollista kehittää avaruustoiminnan eri osa-alueita.

[67] http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm

Satelliitti-informaation hyödyntämisellä on keskeinen rooli edellä kuvattujen yhteiskunnallisten vaikutuksen syntymisessä. Näin ollen haastatellut asiantuntijat arvioivat EUMETSATin noin 3,5 miljoonan euron vuotuisen osallistumismaksun maksavansa itsensä helposti takaisin. Haastateltavat nostavat esiin, että organisaatiosta saatava kuvamateriaalia voidaan hyödyntää sääennustemalleissa ja satelliittidatasta on tullut sääennustetoiminnassa tärkein observaatiomenetelmä.

Avaruustoiminnan kehittämisellä nähdään olevan myös poliittisia ja imagollisia ulottuvuuksia, joita tämän arvioinnin yhteydessä ei ollut mahdollista tarkastella lähemmin. Puolustusvoimien ja sotilaallisen turvallisuuden kannalta keskeisiä näkökulmia avaruustoiminnan merkitykseen on kuvattu lyhyesti luvussa 4.1.4.

5.4 Yhteenveto avaruus-toiminnan tuloksista ja vaikutuksista

Seuraavassa taulukossa on kuvattu tiivistetystä edellä esitettyjä avaruustoiminnan keskeisiä vaikutuksia eri hallinnonaloilla.

	Liiketoimintavaikutukset	Tutkimustoimintavaikutukset	Vaikutukset julkisten organisaatioiden toimintaan
TEM	ESA-toiminta ja hallinnonalan muut rahoitusmuodot ovat alan yritysten käytettävissä. Osallistuminen ESA-toimintaan tuottaa yrityksille suoria taloudellisia hyötyjä sekä erilaisia synergiaetuja (esim. referenssit, teknologian siirto, osaamisen kehittyminen).	VTT toimii alan yritysten ja muiden organisaatioiden kumppanina ja kehittää avaruusteknologiaa sekä kaukokartoitusmenetelmiä. VTT:n toiminnasta on syntynyt spin-off-yrityksiä sekä osaamista, jota yritys- ja viranomaistoiminta hyödyntää.	TEM ja Tekes koordinoivat suomalaista avaruustoimintaa. Toiminta tuottaa tietoa alan kehityksestä. Avaruusasiain neuvottelukunnan uusi rakenne auttaa fokusoimaan toimintaa kansallisella tasolla.
OKM	Suomen Akatemian rahoittamissa tutkimushankkeissa syntyvän osaamisen leviäminen voi hyödyntää eri alojen liiketoimintaa. Korkeakoulujen kaukokartoitukseen, avaruusteknologiaan ja paikannukseen liittyvä toiminta synnyttää hankerahoituksesta riippumatonta osaamista, jota yritykset voivat hyödyntää.	Suomen Akatemian rahoittamat tutkimusprojektit tuottavat uutta tieteellistä tietoa. Avaruustutkimus on yliedustettuna tiedevies-tinnässä ja se auttaa houkuttelemaan nuoria opiskelemaan luonnontieteitä.	Hallinnonalan rahoitus on synnyttää osaamista, jota voidaan hyödyntää julkisten toimijoiden palveluiden kehittämisessä. Osaaminen kehittyy sekä tieteellisten tutkimusprojektien että korkeakoulujen toiminnan kautta.
LVM	Ilmatieteen laitoksen tuottamat, satelliitti-informaatiota hyödyntävät, operatiiviset palvelut ovat tärkeä osa liiketoimintaympäristöä tukevaa infrastruktuuria (sääennusteet, meriliikenteen turvallisuus jne.) ja ne tuottavat merkittäviä välillisiä vaikutuksia.	Ilmatieteen laitos tekee tieteellisiä tuloksia tuottavaa avaruustutkimusta sekä soveltaa tutkimustoimintaa, jonka avulla kehitetään operatiivisia palveluita ja niihin liittyvää osaamista. Ilmatieteen laitos toimii yritysten ja muiden julkisten toimijoiden tutkimuskumppanina. Ilmatieteen laitoksen tuottamat aineistot hyödyntävät muiden tutkijoiden työskentelyä.	Satelliitti-informaatiota hyödyntävät operatiiviset palvelut hyödyttävät muita julkisia toimijoita (esim. puolustusvoimat) ja ylläpitävä suomalaisen yhteiskunnan toimivuutta (ml. päätöksenteon tuki). Infrastruktuurin hallinta ja KV -yhteistyö (Galileo, EUMETSAT, GMES) luovat edellytyksiä sekä julkisen että yksityisen sektorin toiminnan kehittämiselle.
MMM ja YM	Satelliitti-informaatiota hyödyntävät operatiiviset palvelut (esim. tulvaennusteet) ja paikannusinfrastruktuurin ylläpito muodostavat osan liiketoimintaympäristöä tukevasta infrastruktuurista.	Satelliitti-informaation hyödyntäminen avaa tutkimusmahdollisuuksia hallinnonalojen sisällä. Tuotettu aineisto mahdollistaa muiden tutkijoiden työskentelyn. Geodeettinen laitos toimii yritysten kumppanina tutkimushankkeissa.	Paikkatietoinfrastrukuurin ylläpito ja kehittäminen luovat edellytykset soveltamiselle. Operatiiviset kaukokartoituspalvelut (esim. metsien inventointi) tuottavat tietoa yrityksille, viranomaisille ja päätöksenteon tueksi.

6 Johtopäätökset ja suositukset

6.1 Johtopäätökset

Avaruustoiminnan kehitys

Suomi on sitoutunut avaruustoiminnan kehittämiseen sekä kansallisesti että aktiivisena toimijana ja vaikuttajana kansainvälisissä avaruusalan järjestöissä ja Euroopan unionin avaruustoiminnassa. Tähtitieteeseen ja avaruustutkimusta liittyvää toimintaa on Suomessa ollut 1920-luvulta lähtien, mutta aktiivisemmin avaruustoiminta käynnistyi Suomessa 1980-luvulla suomalaisten osallistuessa avaruusalusten rakentamiseen yhteistyössä ensin Ruotsin ja Neuvostoliiton avaruushankkeiden kanssa ja sittemmin Euroopan avaruusjärjestö ESAn hankkeissa. Vuonna 1983 Suomi liittyi sääsatelliitteja rakentavaan EUMETSAT:iin ja 1987 liitännäisjäsenenä ESA:an. 1990-luvulla yhteistyö muiden avaruusjärjestöjen kanssa laajeni ja vuonna 1995 Suomi tuli ESAn täysjäseneksi ja liittyi Euroopan unioniin.

Avaruustoiminnan kehitystä on 2000-luvulla hallinnut kolme trendiä: avaruustoiminnan sovellusten yleistyminen ja sovellusalojen laajentuminen, avaruustoiminnan kansainvälistyminen ja uusien avaruustoimijoiden nousu sekä avaruustoiminnan strategisen merkityksen kasvu (erityisesti turvallisuus ja puolustussektorilla). Samanaikaisesti avaruustoiminnan yleisiin puitteisiin on vaikuttanut voimakkaasti Euroopan talouskehitys, joka on osaltaan lisännyt paineita avaruustoiminnan taloudellisten ja yhteiskunnallisten vaikutusten varmistamiseksi.

Euroopan avaruusjärjestön rinnalla Suomi on kiinteä osa Euroopan unionin päätöksentekoa ja sen myötä aktiivisesti mukana EU:n avaruushankkeissa. Ensimmäinen eurooppalainen avaruuspolitiikka hyväksyttiin huhtikuussa 2007 EU:n jäsenmaiden, Euroopan komission ja Euroopan avaruusjärjestön (ESA) yhteistyönä. Siinä määritellään EU:n rooli ja tavoitteet suhteessa kansainväliseen avaruustoimintaan. Käynnissä olevista EU:n ohjelmista merkittävimmät ovat satelliittipaikannusohjelmat GALILEO ja EGNOS sekä maaseurantaohjelma GMES. Avaruustoiminta on yhä tärkeämmässä asemassa eurooppalaisessa politiikassa ja EU:n parlamentti on myös äskettäin julkaissut aikomuksensa yhteisen eurooppalaisen avaruusstrategian laatimiseen.[68]

Avaruustoiminnan organisoituminen

Suomessa avaruusalan julkista toimintaa koordinoi avaruusasiain neuvottelukunta, jonka keskeinen linjaus on kansallisen avaruusstrategia. Viimeisin strategia on laadittu vuosille 2009–2011.

Nyt toteutetussa arvioinnissa eri toimijoiden suunnalta nousi vahvasti esiin näkemys, että Suomen avaruusstrategiaa ei ole riittävän selkeästi operationalisoitu eikä sitä siksi myöskään ole tehokkaasti toimeenpantu. Nykyinen organisoituminen yli hallinnonalojen on kevyt ja joustava, mutta myös löyhä ja siksi tehoton. Kansallinen avaruustoimintamme ei kuitenkaan ole niin suurta, että se antaisi perusteita pysyvälle organisaatiolle, kuten kansalliselle avaruusvirastolle, mutta nykyinen organisointi ja strategia kaipaa tuekseen jonkinlaisen toimeenpanon mekanismin, kuten esimerkiksi kansallisen avaruusohjelman.

Julkisen sektorin panostukset avaruustoimintaan

Suomalaisen avaruustoiminnan kannalta keskeiset sektoriministeriöt ovat työ- ja elinkeinoministeriö, opetus- ja kulttuuriministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö sekä puolustusministeriö. Rahoittajaorganisaatioista keskeisiä ovat Tekes ja Suomen Akatemia. Tutkimusorganisaatioista keskei-

[68] Euroopan parlamentin päätöslauselma 19. tammikuuta 2012 aiheesta "Kohti kansalaisia hyödyttävää Euroopan unionin avaruusstrategiaa" (2011/2148(INI)).

siä ovat yliopistot[69] ja tutkimuslaitokset, erityisesti ilmatieteen laitos, VTT, SYKE ja geodeettinen laitos. Tärkeitä avaruustoiminnan hyödyntäjiä ovat puolustusvoimat ja rajavartiolaitos.

Suomen panostukset avaruustoimintaan ovat kokonaisuudessaan noin 50 miljoonaa euroa vuodessa. Panostus on pysynyt ennallaan viime vuodet. Merkittävä osa tuosta (noin 20 miljoonaa euroa, 40 %) panostuksesta kohdistuu Suomen jäsen- ja ohjelmamaksuihin Euroopan Avaruusjärjestö ESA:ssa. ESA:lla on käytössä palautejärjestelmä, jolla pyritään saamaan kullekin jäsenmaalle takaisin suurin piirtein niiden maksuosuudet. Suomi, kuten monet muutkin pienet jäsenmaat, ei ole pystynyt saamaan omaa maksuosuuttaan vastaavia toimeksiantoja järjestöltä ja on siis yksi ESAn ns. nettomaksajista. Suomen ESA-toiminnan kautta saamien sopimusten arvo (nk. ESA-palaute) on viime vuosina laskenut vuosittain ja on selvästi alle ESAn jäsenmaiden keskiarvon. ESA on antanut huhtikuussa 2012 ennusteen, jonka mukaan Suomen ja muiden alipalautemaiden palautetaso yltää vuoden 2012 lopussa maille asetettuun minimitavoitteeseen. Tämä edellyttää sitä, että maille suunnitellut tukitoimenpiteet toteutetaan onnistuneesti. Sen sijaan ennusteen mukaan Suomelle vuoden 2014 loppuun asetetut tavoitteet eivät toteudu.[70] Suomen ESA palautesuhteen parantaminen on konkreettinen haaste, jonka ratkaiseminen tulisi olla suomalaisen avaruustoiminnan yksi keskeisimmistä, ellei keskeisin, tavoite. Suomalaisen avaruusalan osaamisen on todettu olevan korkeatasoista, mikä sinänsä antaa edellytykset avaruustoiminnan kehittämiselle.

Pienillä jäsenmailla avaruustoiminnan volyymi on kuitenkin pientä sekä tutkimuksessa että avaruusteollisuudessa, jolloin suuruuden ekonomian hyötyjä ei ole saavutettavissa. Avaruustoiminnan epäsuorat yhteiskunnalliset vaikutukset ovat kuitenkin niin laajoja, ettei ESAn kehityksestä ole järkevää olla kokonaan sivussa, varsinkin kun olemme joka tapauksessa osana päättämässä ja toteuttamassa EU:n avaruusstrategiaa. Tärkeää onkin pohtia, onko Suomen löydettävissä sellaista strategiaa, joka mahdollisimman hyvin tukisi sekä Suomen että EU:n tavoitteita ja joka olisi myös tehokas suhteessa panostuksiimme.

Kaupallinen avaruustoiminta

Yksityisen sektorin avaruusliiketoiminta on volyymiltään Suomessa pienimuotoista. Suora avaruustoiminnasta tuleva liikevaihto on noin 300 miljoonaa euroa, josta varsinainen laitevalmistus on noin 15 miljoonaa euroa. Luku on pysynyt melko saman suuruisena viime vuodet. Avaruusliiketoiminnan ulkopuolella on kuitenkin huomattavan laaja elinkeinoelämän ja yhteiskunnan kokonaisuus, jonka toiminta olennaisesti rakentuu avaruustoiminnan tuloksiin ja infrastruktuuriin. Globaalisti avaruussektorin markkinoiden kokonaisvolyymiksi on vuonna 2007 arvioitu noin 185 miljardia dollaria, josta noin kolmannes on institutionaalisia (ei-kaupallisia) markkinoita.

Avaruustoiminnan tulokset ja vaikuttavuus

Kaiken kaikkiaan suomalaisen avaruustoiminta on kansainvälisessä mittakaavassa pienimuotoista, mutta joillakin erityisaloilla olemme kansainvälisestikin merkittäviä toimijoita ja osaajia. Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat arvioinnin mukaan osaamisen kehittymiseen sekä yksityisellä että julkisella sektorilla sekä satelliitti-informaation saannin turvaamiseen ja sen myötä mahdollistettuihin vaikutuksiin liiketoiminnan ja julkisen sektorin toiminnan kannalta.

On huomattava, että täsmällisen ja luotettavan kuvan muodostamiseen suomalaisesta avaruustoiminnasta ja sen tuloksellisuudesta ja vaikuttavuudesta ei nykyisillä lähtötiedoilla ole edellytyksiä. Tähän on useita syitä. Ensinnäkin kansallisen tason avaruustoiminnan tavoitteita ja toivottuja vaikutuksia ei ole operationalisoitu niin, että niiden relevanssi ja toteutuminen voitaisiin selkeästi mitata.

Toiseksi, perustiedot avaruustoiminnan laajuudesta ovat puutteellisia. Arvioinnin osana on kerätty tietoa avaruustoiminnan volyymistä julkisen sektorin eri hallinnonaloilla. Yksityisen sektorin perustietona on käytetty aiemmin tehtyä suomalaisen avaruusliiketoiminnan selvitystä. Nämä tiedot toimivat perustana yleiselle tarkastelulle suomalaisen avaruustoiminnan volyymistä, suuntautumisesta ja rahoituksesta. On kuitenkin todettava että arvioinnin yhteydessä kerätyt tiedot avaruustoiminnan volyymistä ovat

---

69 Erityisesti Aalto yliopisto, Helsingin yliopisto ja Turun yliopisto ovat aktiivisia.

70 21st ESA Overall Geo-return Forecast. European space agency, industrial policy committee. 23 April 2012.

suuntaa-antavia ja niissä on arvioinnin-kin kuluessa havaittu olevan puutteita. Arvioinnin tarkoituksena ei kuitenkaan ole ollut perustietojen kerääminen.

Itse avaruustoiminta on monitahoinen ja muuttuva toiminnallinen kokonaisuus, jonka rajausta ole tarkkaan määritelty. Siksi avaruustoimintaan kuuluu katsantokannasta tai määritelmästä riippuen hyvinkin erilaista toimintaa. Aivan erityisesti tämä näkyy avaruustoiminnan liiketoimintavaikutuksia arvioitaessa. Puhdas avaruusliiketoiminta on Suomessa edelleen pienimuotoista, mutta avaruustoiminnan tulosten ja infrastruktuurin hyödyntäminen esimerkiksi satelliittinavigoinnin sovellusten kautta hyvinkin laaja-alaista liiketoimintaa. Yleisen kehityksen ja toiminnan rajausten vertailupohjaa on haettu kansainvälisten järjestöjen selvityksistä ja muiden maiden vastaavista tiedoista, mutta määritelmähaaste on yleinen, eikä eri maiden tiedot ole kovin luotettavasti keskenään vertailukelpoisia. OECD:n avaruusfoorumi onkin tehnyt töitä yhteisen määrittelyn löytämiseksi ja nämä tulokset on tarkoitus julkistaa huhtikuussa 2012[71]. Se toivottavasti luo hyvän lähtökohdan myös Suomen määrittelytyölle.

Liiketoimintavaikutukset

Suomalaisen avaruustoiminnan liiketoimintavaikutukset ovat selkeästi kaksijakoisia; toiminnan suora vaikutus suomalaiseen avaruusliiketoimintaan ja epäsuorat vaikutukset muille elinkeinoelämän alueille, kuten tietoliikenteeseen ja logistiikkaan. Alalle on tyypillistä, että sen epäsuorat vaikutukset voivat olla huomattavasti suuremmat kuin suorat liiketoimintavaikutukset. Välillisten vaikutusten luotettava arviointi on kuitenkin haasteellista.

Suomalaisen avaruusteollisuuden osaaminen on tietyillä aloilla erittäin korkeatasoista, mutta samalla se on pirstaleista. Pienet suomalaiset yritykset eivät pysty tarjoamaan kokonaisratkaisuja, vaan niiden on löydettävä oma paikkansa kansainvälisistä arvoketjuista. Asiantuntijat korostavat volyymin merkitystä toiminnan kilpailukyvylle. Suorien liiketoimintavaikutusten sijaan ESA-toiminnan odotetaan synnyttävän synergiaetuja avaruuslaitteita valmistavien yritysten muuhun liiketoimintaan.

ESA-toimitusten saaminen edellyttää yrityksiltä erittäin korkeaa osaamista ja hankkeiden voittaminen on vaativaa. Myös hankkeet itsessään ovat haastavia. Projektien aikataulut viivästyvät ja niiden volyymit vaihtelevat, eikä niistä siksi ole helposti muodostettavissa säännöllistä ja kannattavaa liiketoimintaa. ESA-toimeksiannot ovat kuitenkin arvokkaita referenssejä, mikä onkin arviointiin vastanneiden yritysten tärkein peruste osallistua ESA-toimituksiin.

VTT:llä, Suomen ympäristökeskuksella, ilmatieteenlaitoksella ja muilla sektoritutkimuslaitoksilla on tärkeä rooli avaruusliiketoiminnan synnyttämisessä ja yhteistyössä. Tutkimustoiminnan kansainväliset infrastruktuurit tarjoavat tilaisuuksia yrityksille ja tutkimuslaitoksille toimia uudenlaisten ja haastavien teknologisten ratkaisujen parissa. Liiketoimintavaikutuksiltaan Galileo lienee merkittävin suurista avaruusinfrastruktuureista ja siinä suomalaisten yritysten tulisi olla nykyistä aktiivisemmin mukana.

Suomen kannalta lupaavimpana avaruustoiminnan liiketoiminta-alueena pidetään älyliikenteen sovelluksia, siitä huolimatta, että teollisuus ei itse välttämättä koe sen kuuluvan varsinaisesti avaruustoiminnan pariin. Avoimen datapolitiikan kysymykset nähdään tärkeinä sekä viranomaistoimijoiden että mahdollisen yritystoiminnan synnyttämisen näkökulmasta.

Toinen merkittävä liiketoimintapotentiaali liittyy kaukokartoituksen soveltamiseen. Toistaiseksi alan osaaminen on keskittynyt julkisiin organisaatioihin ja tarpeet liittyvät niiden toimintaan. Yritystoiminnan potentiaalia nähdään erityisesti metsien inventointiin liittyen. Metsäyhtiöiden toivotaan hyödyntävän satelliittiaineistoja jo mahdollisimman laajasti oman toimintansa ohjaamisessa.

Vaikutukset tutkimustoimintaan ja osaamiseen

Suomalaista avaruustutkimusta pidetään menestyksekkäänä. Avaruustutkimusta on kuvattu alana terveen kokoiseksi. Suomalaiselle avaruustutkimukselle on tyypillistä, että tutkimusyksiköt ovat profiloitunet omille erityisaloilleen, ja että tietyissä aihepiireissä suomalainen osaaminen on maailman huippua. Suomalaisen avaruustutkimuksen osalta haasteena pidetään sitä, että tutkijoiden liikkuvuus kotimaisten tutkimusryhmien välillä on vähäistä. Yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa tapahtuvalla opetuksella ja avaruustutkimuksella voidaan varmistaa se, että suomalaiseen avaruustoimintaan tulee jatkuvasti uusia asiantuntijoita.

Avaruuteen liittyvää tutkimustoimintaa pidetään kalliina, mikä toisaalta

[71] OECD Handbook on Measuring the Space Economy, OECD, Forthcoming in 2012.

myös korostaa tehtyihin valintoihin sitoutumisen merkitystä. Suuret infrastruktuurit ovat välttämätön lähtökohta sille, että avaruustutkimus voi yltää kansainväliselle tasolle. Suomalaiset tutkimusryhmät ovat onnistuneet hyödyntämään aktiivisesti myös kansainvälisiä tutkimusinfrastruktuureja[72]. Ennen kaikkea ESA on tarjonnut suomalaisille tutkijoille tärkeitä mahdollisuuksia osallistua kansainvälisiin laiterakennushankkeisiin. Sekä avaruustutkimusta että avaruustoiminnan liiketoimintaa tehdään vahvasti kansainvälisessä ympäristössä.

Avaruusteknologia, jonka tulee kyetä toimimaan haastavassa ympäristössä, on houkutteleva tutkimuskohde ja mahdollistaa sovelluksia myös muilla aloilla. Avaruusteknologiaan liittyvän opetus- ja tutkimustoiminnan lisäksi yliopistoissa on kaukokartoitukseen ja paikannus- ja navigointiteknologiaan liittyvää toimintaa. Nämä haarat tukevat omalta osaltaan Suomen avaruustoiminnan kokonaisuutta luomalla aloille osaamista, jota tarvitaan satelliitti-informaation soveltamisessa. Tämä osaaminen on sekä yritysten että julkisten toimijoiden hyödynnettävissä. Esimerkiksi ilmastonmuutosta koskevissa kysymyksissä kaukokartoituksella ja muulla ympäristön monitorointiin liittyvällä toiminnalla tulee olemaan yhä merkittävämpi rooli tulevaisuudessa.

Avaruustoiminta näyttäytyy Suomessa tutkimusvetoisena. Tutkimustoiminta vie välillisesti eteenpäin myös avaruusliiketoimintaa. Suomessa yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten välinen hyvä yhteistyö luo perustan avaruustoiminnan kokonaisuudelle. Avaruustutkimuksen ajatellaan olevan osa avaruustoiminnan kokonaisuutta, jota ilman avaruustoiminnan vaikuttavuusmalli ajan myötä katkeaisi. Vastaavasti teknologiaan ja laiterakentamiseen liittyvä osaaminen on edellytys korkeatasoiselle avaruustutkimukselle. Tämä avaruustoiminnan kokonaisuus on sitten se mekanismi, joka tuottaa sosioekonomisia vaikutuksia yhteiskunnalle. Tutkimustoiminnassa kertyneellä tiedolla ja osaamisella on eri organisaatioissa liikkuessaan mahdollisuus vaikuttaa myös siihen, miten yritykset ja muut organisaatiot kehittävät edelleen toimintaansa. Avaruustutkimus luo sosioekonomisia vaikutuksia osana ekosysteemiä, jonka muodostavat yritykset, yliopistot, julkiset toimijat ja eri tutkimuslaitokset. Nämä vaikutukset eivät rajaudu ainoastaan avaruustoiminnan sisälle, mikäli osaamiselle on kysyntää myös toisilla toimialoilla.

Avaruustutkimuksen tieteellisten vaikutusten laajempaa merkitystä yhteiskunnalle on vaikea arvioida. Tutkimustoiminnan tuotoksia ovat tyypillisesti tieteelliset julkaisut ja opinnäytteet, joilla on edelleen sekä välittömiä että välillisiä vaikutuksia. Avaruustutkimus herättää aihepiirinä suurta kiinnostusta, millä on merkittävä tiedeviestinnällinen vaikutus. Avaruustutkimus lisää ymmärrystä maailmankaikkeudesta ja avaruuteen liittyvät tapausesimerkit ovat vahvasti edustettuina tiedeviestinnässä. Esimerkiksi nuorten kiinnostusta luonnontieteisiin on helppo herättää avaruuteen liittyvän tutkimuksen kautta. Tätä edesauttaa myös se, että avaruustutkimukseen liittyy houkuttelevia kansainvälisiä tutkimusinfrastruktuureja.

Vaikutukset viranomaistoimintaan

Avaruustoiminnalle on tyypillistä, että iso osa siitä on julkisen sektorin toteuttamaa tai kohdistuu julkiselle sektorille. Myös suuri osa alan liiketoiminnasta tapahtuu avoimen markkinan ulkopuolella ja palvelee julkista sektoria. Siksi myös avaruustoiminnan vaikutukset kohdistuvat suurelta osin julkiselle sektorille. Julkisen sektorin toimijoilla onkin läpikäyvä rooli kaikessa avaruustoiminnassa, alkaen toiminnan suuntaamisesta linjausten ja päätöstentekijöinä, tutkimuksen, infrastruktuuri-investointien ja toiminnan rahoittajana sekä osaltaan alan sovellusten kehittäjänä (erityisesti sektoritutkimuslaitokset) että myös tulosten soveltajana ja hyödyntäjänä (esimerkiksi satelliitti-informaation ja kaukokartoitustiedon hyödyntäminen).

Avaruustoiminnan mahdollistamien välillisten tulosten hyödyntäminen viranomaisten operatiivisessa toiminnassa on jokapäiväistä ja heijastuu laajemmin koko yhteiskuntaan. Kyse on sekä välttämättömyydestä että viranomaistoiminnan tehokkuudesta. Esimerkiksi satelliitti-informaatiolla on keskeinen rooli sääennusteiden luotettavuudessa. Itämeren jäätilanteen seuranta kaukokartoituksella, yhdistettynä navigointi- ja paikannusteknologian hyödyntämiseen tehostaa muun muassa jäänmurtajien ja kauppaliikenteen toimintaa. Tämä on tärkeää sekä merenkulun yleisen turvallisuuden, suomalaisen vientiteollisuuden että kansallisen huoltovarmuuden kannalta.

Yksi suurimmista vaikuttavuuksista syntyy sääpalvelujen tehostumisesta. VTT:n raportissa arvioidaan, että

[72] Ks. myös Suomen tieteen tila ja taso.2009. Suomen Akatemian julkaisuja 9/09.

ilmatieteen laitoksen palveluiden yhteiskuntataloudellinen hyöty olisi noin 260 miljoonaa euroa vuodessa. Raportissa tämä luku suhteutetaan niihin kokonaiskustannuksiin, joilla Ilmatieteen laitos tuotti palvelut (vuonna 2005 noin 54 miljoonaa euroa). Jokainen Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu euro olisi tuottanut näin ollen itsensä viisinkertaisena takaisin.

Maa- ja metsätalousministeriön sekä ympäristöministeriön hallinnonaloilla tehdään runsaasti ympäristön ja luonnonvarojen seurantaan sekä monitorointiin liittyvää työtä. Kaukokartoitusaineistot tehostavat siellä toimintaa ja parantavat laatua. Ympäristöä palvellaan seuraamalla ilmastonmuutosta, Itämeren tilaa ja esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden kehittymistä. Lumitietoja hyödynnetään tulvaennusteissa ja vesivoiman optimoinnissa. Metsäntutkimuslaitoksen suorittama valtakunnan metsien inventointi hyödyntää satelliittikuvia yhdistettynä paikkatietoihin. Se puolestaan tukee metsäpoliittista päätöksentekoa ja metsätalouden suunnittelua.

Asiantuntijoiden näkökulmasta avaruustoiminnan tuottama kaukokartoitus- ja paikannustieto on tuonut merkittäviä laadullisia parannuksia viranomaispalveluihin. Lähes kaikki (yli 90 %) vastaajat pitivät avaruustoiminnan hyödyntämistä erittäin tarpeellisena tai melko tarpeellisena. Palvelujen tuottaminen uusilla, paremmilla menetelmillä edellyttää kuitenkin kriittistä tarkastelua. Avaruustoiminnan tarjoamien ratkaisujen tulee kilpailla hinnallaan, laadullaan ja toimintavarmuudellaan perinteisten menetelmien kanssa.

Kaukokartoituksen avulla voidaan saavuttaa merkittäviä kustannushyötyjä ja sen odotetaankin osittain korvaavan paikan päällä tehtävää kallista havainnointia. Maasta käsin tapahtuvaan mittaamiseen verrattuna satelliittiaineisto tuottaa tietoa nopeammin, tarkemmin ja edullisemmin. Myös toistettavuus paranee ja tietoa voidaan hyödyntää uusilla alueilla. Kaukokartoitusaineiston hyödyntämisestä puhutaan kuitenkin edelleen enemmän sen tulevaisuuden potentiaalin kautta kuin toteutuneiden säästöjen kautta. Keskeisimmäksi aloitteeksi kaukokartoituksen saralla koettiin EU:n GMES-ohjelma, jonka hyödyntämisessä halutaan olla aktiivisia. Kehittämistyön kautta suomalaisille toimijoille voi avautua mahdollisuuksia tuottaa operatiivisia palveluita.

Ympäristön ja luonnonvarojen seurantaan liittyvät kotimaiset ja kansainväliset velvoitteet ovat kasvaneet vuosien saatossa nopeammin kuin niihin käytettävissä olevat resurssit. Viranomaistoiminnan tehostamiselle on siis selkeää tarvetta. Ympäristötiedon hyödyntämisessä ollaan murrosvaiheessa, jossa perinteisten menetelmien rinnalle ei tuoda ainoastaan kaukokartoitusmenetelmiä, vaan myös esimerkiksi sosiaalisen median kautta kerättyä tietoa ja kansalaisten havaintoja. Uusien teknologioiden ja niihin liittyvien menetelmien ja toimintatapojen laajamittainen käyttöönotto edellyttää kuitenkin aikaa ja investointeja.

Paikannus- ja kaukokartoitusaineistoilla on myös laajempaa yhteiskuntapoliittista merkitystä. Esimerkiksi ympäristön seurantaan liittyy yhä enemmän kansainvälisiä sitoumuksia ja seurantaa tehdään kansainvälisesti. Tulevaisuudessa voi olla hyödyllistä että Suomella on mahdollisuudet itsekin tarkkailla kansainvälisten sopimusten pitävyyttä meille tärkeillä alueilla, kuten esimerkiksi Itämeren suojelun näkökulmasta. Vastaavasti puolustushallinto ja puolustusvoimat hyödyntävät tietoja omassa toiminnassaan.

Alan tulevaisuudennäkymät

Avaruustoiminta on vahvasti tulevaisuuden mahdollisuuksiin panostamista. Avaruustoiminnan hyödyt ja vaikutukset rakennetaan tänään. Kuinka vahvasti avaruustoimintaan panostetaan, mille aihealueille ja miten, on pitkälti kansallisen avaruusasian neuvottelukunnan ja avaruusstrategian ydintä.

Kuten edellä on kuvattu, avaruusalan asiantuntijat uskovat vahvasti avaruustoiminnan merkityksen kasvuun. He näkevät, että toiminnan yhteiskunnallinen merkitys kasvaa ja avaruustoiminnan mahdollisuuksia tullaan hyödyntämään entistä enemmän varsinkin julkisella sektorilla. Käynnissä oleva suuntaus julkisesti tuotetun tiedon vapauttamiseksi tulee edistämään erilaisten avaruustoiminnan perusteella tuotetun sovellusten ja palvelujen kehittämistä.

Vapautuvat aineistot edellyttävät kuitenkin myös panostuksia esimerkiksi tietojenhallintaan. Suomessa on esitetty kansallisen satelliittidata-arkiston perustamista. Tämän avulla tärkeä informaatio saadaan tallennettua, muokattua ja jaettua niin, että työ toteutetaan suomalaisten toimijoiden yhteisin voimin. Samoin avoin datapolitiikka edellyttää sitä, että organisaatiolle mahdollisesti koituvia tulon menetyksiä kompensoitaisiin tai että organisaatiot sopeuttaisivat toimintaansa vastaavasti.

Kotimaisia avaruusalan panostuksia tulisi suunnata entistä tehokkaammin varsinkin paikannusta ja satelliitti-informaatiota hyödyntävään liiketoimintaan. Suomen erityisiin vahvuuksiin ja mahdollisuuksiin nostetaan usein älyliikenteen sovellukset. Paikannusteknologian nähdään entisestään arkipäiväistyvän.

Sen sijaan avaruuslaitevalmistuksen merkittävään kasvuun nykyisestä ei uskota edes laitevalmistajien parissa. Kaupallisten ja institutionaalisten avaruusmarkkinoiden pelätään jopa supistuvan ja kilpailun käyvän kovemmaksi suomalaisille toimittajille. Avaruustoiminnan kasvua ja hyötyjä onkin siis syytä etsiä sen laajemmasta vaikutuspiiristä.

6.2 Suositukset

Arvioinnin perusteella esitämme seuraavia kehittämissuosituksia:

Alan TKI-toiminnalle

Koskien avaruusalan TKI-toiminnan kehittämistä jatkossa

1. On tarpeen säännöllisesti (vuosittain tai muin säännöllisin määräajoin) kerätä tiedot avaruustoiminnan rahoituksesta ja volyymistä eri hallinnonaloilla, mikä mahdollistaa toiminnan kehityksen paremman seurannan. Yksityisen sektorin tiedonkeruu voidaan teettää erillisselvityksinä. Myös tämä tehtävä soveltuu Avaruusasiain neuvottelukunnan koordinoitavaksi
2. Avaruustoiminnan seurannan ja kehittämisen kannalta on tarpeen määritellä nykyistä täsmällisemmin mitä avaruustoiminnalla (ja sen TKI-toiminnalla) tarkoitetaan Suomessa yleensä ja erityisesti eri toiminnan sektoreilla. Laaja-alainen määritelmä on tarpeen. Tämä työ soveltuu hyvin Avaruusasiain neuvottelukunnan organisoitavaksi ja siinä voitaneen hyödyntää tulevaa OECD-työtä. Raportin liitteessä on esitetty suositukset avaruustoiminnan yhteiskunnallisen vaikuttavuuden viitekehykseksi.
3. Vaikka avaruustoiminnan välillinen merkitys kaikille yhteiskunnan sektoreille vahvistuu, ei ole kovin todennäköistä että avaruusalan TKI-toiminnan suora rahoitus tulee kasvamaan lähivuosina. Yleisenä linjana Suomen tulee kytkeytyä vahvasti kansainvälisiin infrastruktuuri- ja kehityshankkeisiin (EU, ESA, jne.) ja hyödyntää tehokkaasti niistä avautuvat mahdollisuudet ja kohdistaa kansalliset panostukset mahdollisuuksien mukaan näiden tueksi.

Koskien kansainvälisiä ohjelmia ja aloitteita ja kuinka niihin voitaisiin enemmän vaikuttaa

4. Kansainvälisten ohjelmien ja aloitteiden muotoutumiseen vaikutetaan sekä asiantuntija- että viranomaistasoilla. Suomalaisten toimijoiden on edullista aktiivisesti kommunikoida valmisteilla olevista aloitteista ja koordinoida vaikuttamista niihin.
5. Avaruusasiain neuvottelukunnalla tulee olla kattava kokonaiskuva tilanteesta ja edellytykset ennakoida ja nostaa Suomelle tärkeitä aloitteita aktiivisemman seurannan ja valmistelun piiriin sekä tarvittaessa mobilisoida asiantuntijoita valmistelun tueksi.

Tekesille ja muille rahoittajille

Koskien rahoituksen käytäntöjä ja palveluiden kehittämistä

6. Tekesin sisällä on tarpeen laatia tarkempi määrittely siitä, mitkä rahoitetut hankkeet lasketaan kuuluvan avaruustoiminnan piiriin, sekä käynnistää avaruustoiminnan hankerahoituksen seuranta.
7. Tekesin ja Suomen Akatemian nykyinen rahoitus ei vastaa kaikkeen avaruustoiminnan ja sen sovellusten kehittämistarpeeseen. Erityisesti sektoriministeriöissä on syytä arvioida omia avaruustoiminnan latentteja kehitystarpeita ja pohtia millaista täydentävää rahoitusta tarvitaan toiminnan kehittämiseen. Näiden pohjalta on mahdollista harkita onko kehittämisen tueksi tarpeen rakentaa jonkinlainen kansallinen avaruusohjelma.
8. Euroopan avaruusjärjestö ESAn ja EU:n avaruustutkimuksen avaamien mahdollisuuksien tehokas hyödyntäminen edellyttää jatkuvaa ja aktiivista edistämistoimintaa. Nykyistä suurempi joukko yrityksiä tulee saada mukaan toimintaan ja siihen tarvitaan määrätietoisia toimenpiteitä. Tässä ensisijainen vastuu on Tekesillä.

Koskien tulosten tehokkaampaa hyödyntämistä

9. Suomalaisten yritysten saaminen avaruustoiminnan kehittämiseen ja sen tulosten hyödyntämiseen on jatkuva haaste. Varsinaisen avaruusliiketoiminnan rinnalla panostusta voitaneen kohdentaa enemmän myös avaruustoiminnan tulosten, sovellusten, tiedon ja infrastruktuurien laajamittaiseen hyödyntämiseen muilla liiketoiminnan alueilla.

10. Tavoitteena tulisi olla kansallisen 'avaruusklusterin' kartoittaminen ja vahvistaminen niin, että siihen on kytkeytynyt huomattavasti laajempi toimittajien ja yhteistyökumppanien yritysjoukko joka myös pääsee hyötymään avaruustoiminnan avaamista mahdollisuuksista.

11. Strategisen huippuosaamisen keskittymillä, erityisesti CLEENillä, TIVITillä ja Metsäklusterilla, on synergia-alueita kaukokartoituksen, satelliittipaikannuksen ja älyliikenteen sovellusten kanssa. Näiden kanssa on syytä pohtia onko löydettävissä sellaisia uusia tutkimus- ja kehittämiskokonaisuuksia, joissa osapuolina voisivat olla sektoritutkimuslaitokset ja korkeakoulut, ja joilla olisi edellytykset yltää kansainväliseen huipputasoon eri sovellusalueilla.

Avaruus- ja innovaatiopolitiikalle

12. Suomen innovaatiojärjestelmän yhtenä keskeisenä kehittämishaasteena eri linjauksissa ja arvioissa on kansainvälistyminen ja Suomen asemoituminen osaksi globaaleja arvoverkostoja. Avaruustoiminta on lähtökohtaisesti kansainvälistä ja tukee suoraan näitä tavoitteita. Suomen kannalta on tärkeää pohtia, kuinka kansainvälisesti pienet panostuksemme avaruustoimintaan hyödyntävät yhteiskunnallisia tavoitteitamme mahdollisimman hyvin.

13. Suomella voi toimia edelläkävijänä vain joillakin kapeilla tutkimuksen ja laitevalmistuksen alueilla, mutta voimme samanaikaisesti olla aktiivinen kansainvälisten infrastruktuurien hyödyntäjä ja sovellusten tuottaja. Strategiatyössä on siksi tärkeää tunnistaa kansalliset huippuosaamiset, aktivoida vaikuttamismekanismit kansainvälisiin infrastruktuureihin sekä varmistaa että olemme osaamisen soveltajina tehokkaita ja nopeita.

14. Suomen avaruusstrategia kaipaa tehokkaampaa operationalisointia; tavoitteiden täsmällistä asettamista ja niihin sitoutumista, riittävää resursointia, toimeenpanovastuiden (mahdollisesti uudelleen) määrittelyä sekä strategian edistymisen ja tuloksellisuuden jatkuvaa seurantaa. Tavoitteet ja avainmittarit tulisi julkistaa.

15. Arvioinnissa käytetty avaruustoiminnan vaikuttavuuden tarkastelu kolmesta näkökulmasta on saanut hyvän vastaanoton toimijoiden keskuudessa. Suosittelemme, että Avaruusasiain neuvottelukunta ja Suomen avaruusstrategia jatkossa hyödyntävät tätä viitekehystä vaikuttavuuden kehittämiseksi.

16. Neuvottelukunnan sisällä avaruustoiminnan vaikuttavuuden edistämisvastuuta on mahdollista jakaa substanssiministeriöille edellä ehdotetun mukaisesti; tutkimus- ja osaamisvaikutusten edistäminen voitaneen antaa opetus- ja kulttuuriministeriön koordinoitavaksi. Vastaavasti viranomaisvaikutusten edistäminen liikenne- ja viestintäministeriön koordinoitavaksi ja liiketoimintavaikutusten edistäminen työ- ja elinkeinoministeriölle.

17. Kansallisessa avaruusstrategiassa tulisi asettaa vaikuttavuustavoitteet kunkin kolmen vaikuttavuussuunnan kohdalla ja nimetyt vastuuministeriöt voisivat toimia tilaaja-tuottaja -mallin mukaisesti tilaajina. Kansalliset lisärahoitustarpeet tulisi sitoa tuloksellisuus- ja vaikuttavuustavoitteisiin (liite 8).

Liite 1. Suomen ESA-palaute

Jokainen ESAn jäsenvaltio osallistuu ESAn toimintojen ja ohjelmien rahoitukseen sekä järjestön yleiskulujen rahoittamiseen neuvostossa hyväksyttyä asteikkoa noudattaen. Maksuasteikko perustuu jokaisen jäsenvaltion keskimääräiseen kansantuloon kolmen viimeisen vuoden osalta. Valinnaisten ohjelmien kustannuksiin jäsenvaltiot osallistuvat, mikäli eivät virallisesti ole ilmoittaneet haluttomuudestaan osallistua ko. ohjelmaan. Ellei toisin päätetä, valinnaisissa ohjelmissa käytetään samaa maksuperiaatetta kuin muun toiminnan osalta.[1]

ESAn jäsenmaiden kannalta ESA-toimintaan osallistumisen arvioinnissa tärkeä mittari on ns. palautekerroin, jonka avulla voidaan laskea ja verrata ESAn tekemien sopimusten (esimerkiksi tilaukset yrityksille osana ESAn ohjelmia) maantieteellistä jakautumista. Sopimusten maantieteellistä jakautumaa koskevat seuraavat ESAn yleissopimuksessa määritellyt säännöt:[2]

1. Jäsenvaltion kokonaispalautekerroin on kaikkien jäsenvaltioiden kesken tehtyjen kaikkien sopimusten kokonaisarvosta sille lasketun prosentuaalisen osuuden ja sen maksuosuuksien prosentuaalisen summan suhde. […]
2. Palautekerrointen laskemiseksi sopimusten arvoon sovelletaan painokertoimia, jotka perustuvat niiden teknologiseen merkitykseen. Neuvosto määrittelee nämä painokertoimet. […]
3. Parhaimmillaan järjestön tekemien sopimusten tulisi jakautua niin, että kaikkien valtioiden kokonaispalautekerroin on 1.[3]
4. Palautekertoimet lasketaan neljännesvuosittain ja ne esitetään kumulatiivisina […]
5. Sopimusten maantieteellisen jakauman viralliset tarkistukset tehdään joka viides vuosi, ja ennen kolmannen vuoden päättymistä tehdään väliaikainen tarkistus. […]
6. […] Jokaisen virallisen tarkistuksen aikana neuvosto voi tarkistaa kumulatiivisen palautekertoimen alarajaa seuraavaa kautta varten, kuitenkin siten, että se ei koskaan ole alempi kuin 0.8.
7. Neuvostolle toimitetaan erikseen arvio neuvoston määrittelemiä sopimuskategorioita koskevista palautekertoimista, erityisesti jatkotutkimus- ja kehittämissopimusten sekä hankekohtaista teknologiaa koskevien sopimusten osalta. Pääjohtaja neuvottelee näistä arvioista neuvoston kanssa määrätyin säännöllisin väliajoin […] Mikäli kahden virallisen tarkistuksen välillä on havaittavissa suuntaus, että jonkin jäsenvaltion keskimääräinen palautekerroin on todennäköisesti […] määriteltyä alarajaa pienempi, pääjohtaja esittää neuvostolle ehdotuksia, joissa tarve korjata tilanne katsotaan järjestön sopimuksentekoa koskevia sääntöjä tärkeämmäksi sopimuksia tehtäessä.

Palautekertoimen laskemista voidaan havainnollistaa seuraavalla kuvitteellisella esimerkillä. Suomi osallistuu ESAn yhteensä 100 miljoonan euron ohjelmaan miljoonan euron maksuosuudella, mikä on 1 prosentti ohjelman kokonaiskustannuksista (0,01). Ohjelman toteutuksen aikana (esim. 10 vuoden ajalta) ohjelmaan osallistuvat jäsenmaat ovat saaneet sopimuksia yhteensä 90 miljoonaa euroa. Tästä Suomen saamien sopimusten arvo on yhteensä 750 000 euroa, mikä on noin 0,8 prosenttia kaikkien sopimusten kokonaisarvosta (0,008). Laskutoimitus 0,008/0,01 tuottaa näin ollen Suomen palautekertoimeksi tämän ohjelman osalta 0,8. Kokonaispalautekerroin on yhteenlaskettu palaute kaikista Suomea koskevista toiminnoista.

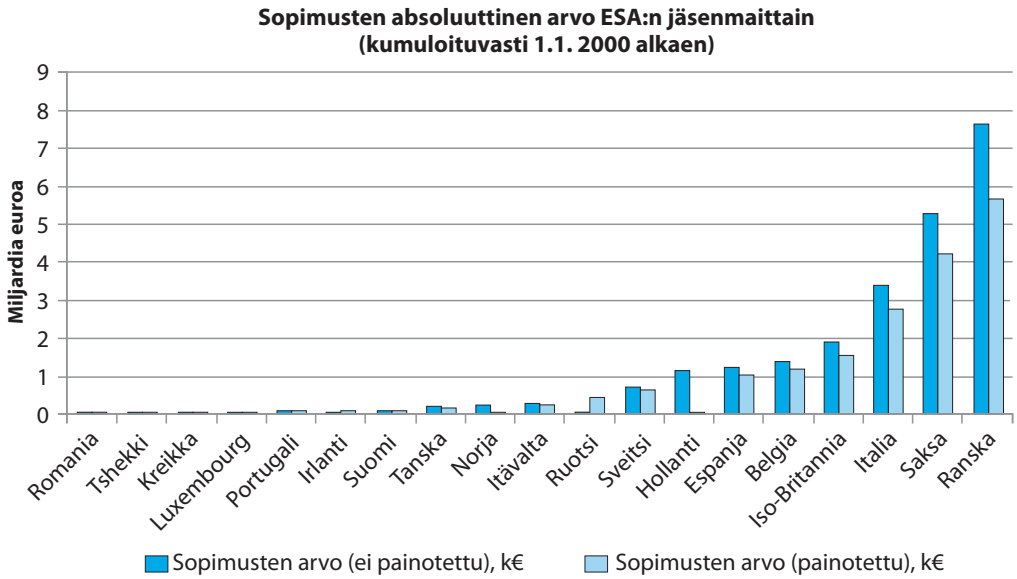
---

1 Euroopan avaruusjärjestöä koskeva yleissopimus. http://www.esa.int/esapub/sp/sp1300/sp1300FI1.pdf

2 Euroopan avaruusjärjestöä koskeva yleissopimus.

3 Tiettyjen ohjelmien osalta ESA on taannut kullekin osallistujamaalle palautekertoimen 1,0.

Kuva 1. Sopimusten arvo ESA:n jäsenmaittain.[4]



Viimeisen kymmenen vuoden aikana Suomen saamien sopimusten arvo on ollut noin 99 miljoonaa euroa (painotettuna 96 733 000 euroa), mikä on jäljessä vajaan 111 miljoonan euron tavoitteesta hieman yli 14 miljoonaa euroa. Sopimusten arvon osalta Suomi sijoittuu ESA-maiden keskinäisessä vertailussa keskitason alapuolelle. Suomea vähemmän sopimuksia euromääräisesti ovat vuoden 2000 alusta saaneet Irlanti, Portugali, Luxemburg, Kreikka, Tshekki ja Romania. Suomen maksuosuus vuoden 2011 lopussa oli 0,58 %.[5]

Vertailtaessa eri maiden palautekertoimia, sijoittuu Suomi niiden kuuden maan joukkoon, joiden palautekerroin vuoden 2011 lopussa oli alle tavoitetason. Muut maat olivat Kreikka, Irlanti, Norja, Portugali ja Ruotsi sekä uutena jäsenmaana transitiovaiheessa vielä oleva Tshekki. Näiden palautekertoimien nostamiseksi ESA on käynnistänyt erityistoimenpiteitä, jotka koskevat kaikki alipalautemaita.[6]

Suomen kokonaispalautekerroin vuoden 2011 lopussa oli 0,87 eli alle keskiarvon 0,95. Se on tällä hetkellä ESAn jäsenmaiden keskuudessa kolmanneksi huonoin. Ainoastaan Kreikan ja ESA-jäsenyyden transitiovaiheessa olevan Tshekin palautekertoimet olivat Suomea heikommat (molemmilla 0,77). Suomen kannalta huolestuttavaa on myös se, että viimeisen neljän vuoden aikana palautekerroin on laskenut joka vuosi. Tämä kehityskulku käy hyvin ilmi oheisesta taulukosta 1.[7]

4 Tiedot perustuvat Tekesin ylläpitämään ESA -toiminnan seurantatilastoon
5 Tiedot perustuvat Tekesin ylläpitämään ESA -toiminnan seurantatilastoon
6 Tiedot perustuvat Tekesin ylläpitämään ESA -toiminnan seurantatilastoon
7 Tiedot perustuvat Tekesin ylläpitämään ESA -toiminnan seurantatilastoon

Taulukko 1. Suomen palautekertoimen kehitys 2000–2011.[8]

Vuosi	Suomen palautekerroin
2000	0,92
2001	0,53
2002	0,86
2003	0,95
2004	1,06
2005	1
2006	0,94
2007	0,96
2008	0,93
2009	0,88
2010	0,88
2011	0,87

[8] Tiedot perustuvat Tekesin ylläpitämään ESA-toiminnan seurantatilastoon

Liite 2. Näkemykset suomalaisesta avaruustoiminnasta

Tässä liitteessä esitetään arvioinnin yhteydessä esitettyjä suomalaisten avaruustoiminnan asiantuntijoiden näkemyksiä suomalaisen avaruustoiminnan kehityksestä, panostusten kohdentumisesta sekä organisoitumisesta. Lisäksi esitetään toimijoiden näkemykset avaruustoiminnan haasteista sekä mahdollisuuksista Suomessa.

Avaruustoiminnan kehitys

Näkemykset kansainvälisistä trendeistä

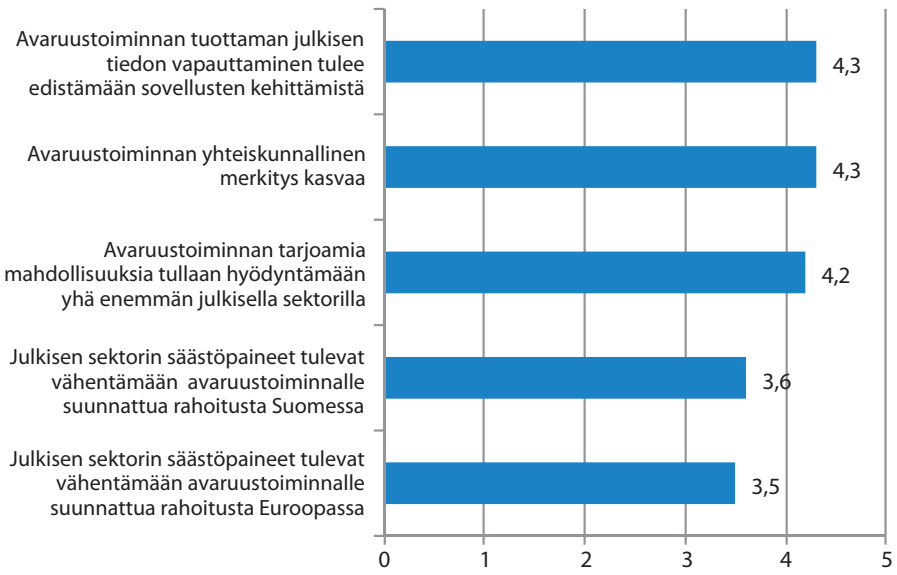
Arvioinnin yhteydessä toteutetussa sähköisessä kyselyssä vastaajia pyydettiin ottamaan kantaa kuvassa 1 esitettyihin avaruustoiminnan trendejä koskeviin väittämiin.

Vastaukset osoittavat, että suomalaiset avaruustoiminnan asiantuntijat uskovat vahvasti avaruustoiminnan merkityksen kasvuun. He uskovat, että toiminnan yhteiskunnallinen merkitys kasvaa ja että avaruustoiminnan mahdollisuuksia tullaan hyödyntämään entistä enemmän julkisella sektorilla. Samoin vastaajat uskovat, että jo nyt käynnistynyt trendi julkisesti tuotetun tiedon vapauttamiseksi tulee edistämään erilaisten sovellusten kehittämistä myös avaruustoiminnan piirissä. Sen sijaan vastaajat allekirjoittavat selvästi varovaisemmin väitteet julkisen sektorin rahoituksen vähentymisestä kansallisella ja eurooppalaisella tasolla. Havainto tukee liitteessä 2 kuvattuja kehitystrendejä avaruustoiminnan sovellusalan ja merkityksen kasvusta sekä sen strategisen painoarvon voimistumisesta.

Näkemykset suomalaisen avaruustoiminnan kehityksestä

Sähköisen kyselyn yhteydessä vastaajia pyydettiin myös kuvailemaan omaa näkemystään siitä, miten suomalainen avaruustoiminta tulee kehittymään seuraavan 10 vuoden aikana. Tässä yhteydessä muutamat vastaajat nostivat esille kiristyvän taloudellisen tilanteen

Kuva 1. Näkemykset avaruustoiminnan kehitystrendeihin. 1=täysin eri mieltä – 5=täysin samaa mieltä. (Keskiarvo, n=32)



ja toisaalta sen, että myös panostusten pysyessä ennallaan Suomen kansainvälinen asema osana avaruustoimintaa heikkenee, minkä puolestaan voidaan nähdä heijastavan toimintaympäristössä tapahtuvia muutoksia (esim. uusien avaruustoimijoiden nousu). Kaiken kaikkiaan Suomen panostusta avaruustoimintaan pidetään vähäisenä, eikä tähän nähdä tulevan muutoksia tulevaisuudessa. Toisaalta osa arvioinnin yhteydessä kuulluista asiantuntijoista kokee, että taloudellinen niukkuus voi myös olla uudenlaisen yhteistyön moottori ja toisaalta kannustaa esim. julkista sektoria hyödyntämään entistä paremmin avaruustoiminnan mahdollisuuksia.

Yleisellä tasolla näkemykset suomalaisen avaruustoiminnan tulevaisuudennäkymistä voidaan luokitella sen perusteella, kuinka positiivisesti ne suhtautuvat suomalaisen avaruustoiminnan kehitykseen.

Positiivisemman näkemyksen mukaan suomalainen avaruustoiminta on mennyt eteenpäin, sillä erilaisia soveltamismahdollisuuksia on tullut lisää ja etenkin paikannuspalveluiden ympärillä on tapahtunut selkeää kehitystä, josta esimerkkinä mainitaan mm. paikannusinformaatiota tuotteissaan hyödyntävä Nokia. Tämän kehityksen taustalla nähdään avaruustoiminnan arkipäiväistyminen ja sitä kautta sovellusalueen laajentuminen.

Pessimistisemmän näkemyksen mukaan suomalainen avaruustoiminta ei ole kehittynyt 2000-luvulla positiivisesti tai toiminnan merkitys ja houkuttelevuus on heikentynyt. Osa asiantuntijoista kuvaa kehityksen olleen hidasta ja painottuneen julkisiin toimijoihin, kun taas yritystoiminta ei ole juurikaan kasvanut aiemmin vallinneista kovista odotuksista huolimatta.

Vastaajat ja haastateltavat kokevat, että nykyinen toiminta ei tällä hetkellä saa kaikkea potentiaalia irti suomalaisista toimijoista. Keskusteluissa tuodaan esille, ettei Suomessa ole enää ollut esimerkiksi kaukokartoitukseen liittyviä kansallisia ohjelmia, vaan rahoitus on enemmän ad hoc -pohjaista ja pirstaleista.

Avaruustoimintaan liittyvä suomalainen osaaminen on todettu haastatteluissa pirstaleiseksi, mutta haastateltavat eivät nosta esiin selkeitä osaamisvajeita. Paikoitellen suomalaisen osaamisen katsotaan yltävän maailman huipulle.

Toisaalta, vaikka osaaminen todettiinkin arvioinnin yhteydessä monella tapaa riittäväksi, nähdään osaamispohja myös kapeana. Sekä eri virastoissa että yrityksissä kyky kehittää ja soveltaa avaruustoiminnan tuloksia voi olla muutamien henkilöiden harteilla, mikä on toiminnan jatkuvuuden kannalta riski. Suomalaisten kapea osaaminen taas näkyy siinä, että vaikka suomalaiset ovat joillain alueilla maailman huippua, voi esimerkiksi satelliittiprojekteihin liittyen löytyä sellaisia osa-alueita, joissa suomalaisilla ei ole yhtään osaamista.

Kaupallisen avaruustoiminnan tulevaisuudennäkymät

Näkemykset kaupallisen avaruustoiminnan tulevaisuudesta jakautuvat hyvin eri tavoin avaruusteollisuuden ja muun kaupallisen toiminnan osalta. Avaruusteollisuuden osalta suomalaisen avaruusteollisuuden mahdollisuuksiin ei juurikaan uskota, kun taas erilaisten satelliitti-informaatiota hyödyntävien sovellusten ja palveluiden kehitykseen uskotaan hyvinkin vahvasti.

Laiterakentamisen osalta yksi näkemys on, että toiminta jatkuu samoin kuin aiemmin eli yritykset saavat avaruustoimintaan liittyviä projekteja muutaman vuoden välein, eikä toimintaan kehity jatkuvuutta. Tämä ajaa yrityksiä jättäytymään pois toiminnasta. Toisen esitetyn näkemyksen mukaan ilman erityisiä panostuksia Suomi jää yhä enemmän sivurooliin tuottamaan ESA:lle ja suurille eurooppalaisille hankkeille.

Lisäksi haastatteluissa oltiin huolestuneita siitä, riittääkö suomalaisten yritysten hintakilpailukyky tulevaisuudessa, kun ESA:an liittyy mm. uusia Itä-Euroopan maita. Pidetään myös mahdollisena, että nousevien avaruusvaltojen, kuten Intian ja Kiinan, markkinat eivät välttämättä avaudu globaalille kilpailulle ja myös USA ja EU puolustavat omia poliittisia ja strategisia intressejään. Näihin intresseihin kuuluu se, että tietyt kriittiset teknologiat ja niihin liittyvä osaaminen ovat omissa käsissä.

Avaruusteollisuuden osalta haastateltavat näkevät, että panostusten tulisi keskittyä sellaisiin yrityksiin, joilla on mahdollisuus kasvaa Euroopan mittakaavassa. Tosin sitäkin enemmän kannatusta saa näkemys, jonka mukaan panostuksia tulisi suunnata satelliitti-informaatiota soveltavaan liiketoimintaan, jonka tulevaisuudennäkymät arvioitiin haastatteluissa huomattavasti paremmiksi.

Sähköisessä kyselyssä avaruustoiminnan yritysten edustajat saivat itse ottaa kantaa toimintaa koskeviin tulevaisuuden trendeihin. Kuvasta 2 ilmenee, että vastaajat uskovat kaupallisen avaruustoiminnan keskittyvän vahvasti suurille kansainvälisille yrityksille tulevaisuudessa. Sen sijaan satelliittiinformaation vapauttamisen ei uskottu merkittävästi vaikuttavan yrityksen

Kuva 2. Avaruustoiminnan mahdollisuudet yrityksissä. 1=täysin eri mieltä ja 5=täysin samaa mieltä (keskiarvo, n=12).



liiketoimintamahdollisuuksiin. Tulosta selittää kyselyyn osallistunut yritysjoukko, joka edusti pitkälti valmistavaa laiteteollisuutta.

Yritysten edustajat ottivat myös yleisesti kantaa kaupallisen avaruustoiminnan tulevaisuuden näkymiin. Vastaukset ovat linjassa arvioinnin yhteydessä tehtyjen haastatteluiden kanssa. Yritykset eivät näe mahdollisuuksia selkeään kasvuun ja vastaajat ennakoivat mm. kaupallisen ja institutionaalisen avaruusmarkkinan supistumista Euroopassa. Suomalaiset yritykset tuottavat kansainvälisissä hankkeissa osaratkaisuja ja eräs vastaaja kuvaakin, kuinka sisäänpääsy pitkään toimineisiin teollisiin konserneihin edellyttää joko halvempaa tuotetta tai merkittävästi parempaa teknologiaa. Kehittämistyö molemmissa suhteissa vaatii oikeaaikaista panostusta.

Omana näkökulmanaan yritysten edustajat nostavat myös esiin kotimaisten julkisten toimijoiden roolin. Osa vastaajista on kokenut, että julkiset toimijat kilpailevat välillä heidän kanssaan, mikä ei tue alan kokonaiskehitystä.

Kaiken kaikkiaan suomalaisen avaruustoiminnan kenttä ei odota paljoakaan varsinaisen avaruusteollisuuden kasvua liiketoimintana. Tällöin huomio kiinnittyy siihen, miten avaruustoimintaan osallistuminen voi hyödyntää yrityksiä muilla tavoilla. Yritysten edustajat pohtivat kyselyn yhteydessä myös tätä kysymystä. Yleisesti ottaen vastauksissa korostettiin toiminnan laajenemisesta. Markkinoiden kasvu ja esimerkiksi se, että kotimaiset laitokset siirtäisivät osan toiminnoista yrityksille, toisi toimintaan lisää massaa. Eräs vastaaja korostaa kansallisten hankintojen merkitystä referensseinä ja kilpailukykyä parantavana toimintana. Vastaaja kokee, että kansainvälisissä hankkeissa tehdään muuten helposti sitä, mikä jää yli ulkomaalaisilta yrityksiltä. Tämä on hankalaa sekä toiminnan taloudellisuuden että sen strategisuuden kannalta.

Useat haastateltavat toteavat, että ESA ei ole kasvava markkina. Avaruuslaitteita valmistetaan kertatuotteina eikä tästä räätälöidyistä suunnittelu- ja valmistelutyöstä synny sellaisia tuotteita, joille olisi olemassa tämän kertaprojektin ulkopuolisia markkinoita. Tässä yhteydessä merkittävää on myös se, että kuinka hyviä suhteita suomalaiset yritykset onnistuvat luomaan ESA-projektien myötä ulkomaisiin päätoimittajiin. Osalla yrityksistä nämä suhteet ovat hyvät ja se auttaa heitä toimimaan myös ESA-projektien ulkopuolella. Kaikki eivät kuitenkaan näe, että ESA-toiminta synnyttää merkittäviä suhteita

päätoimittajiin ja suhteiden kuvataan olevan keskimäärin heikkoja.[1] Osa haastateltavista katsoo, että yritystoiminnan vähäisyys on johtunut siitä, että viranomaiset itse ovat ottaneet mahdolliset operatiiviset tehtävät itselleen. Alan osaaminen on keskittynyt julkisiin organisaatioihin ja tarpeet liittyvät heidän toimintaansa.

Osa haastateltavista kuitenkin tunnistaa, että Eurooppaan on muodostumassa ketju, joka voisi mahdollistaa suuret markkinat. EUMETSAT sekä EU:n Galileo- ja GMES-projektit hyödyntävät ESA:a satelliittilaitteistojensa tutkimus- ja tuotekehitystoiminnassa. EU:n saattaessa omia järjestelmiään operatiiviseen toimintaan, ESA-projektien yhteydessä tehdyt ratkaisut voivat palvella myös suurempia toimituksia ja mahdollistaa siten avaruuslaitteisiin liittyvän teollisuuden kasvun.

Toisaalta voidaan kysyä, muodostavatko EU:n satelliittiprojektit riittävän kokoiset markkinat alan yrityksille. Ala on riippuvainen julkisen toimijoiden panostuksista ja alan yritysten tulee pystyä ennakoimaan niiden vaatimuksia ja aikatauluja. Laajemmat globaalit markkinat ovat avaruusalalla myös haastavia, sillä avaruuden hyödyntämiseen liittyvien poliittisten ja strategisten merkitysten johdosta markkinoiden avoimuuteen ei voi luottaa, vaan niitä ohjaavat myös kansalliset periaatteet.

Avaruustoiminnan kohdentuminen

Yleisesti ottaen tulevaisuuden vaikuttavuudesta puhuttaessa haastateltavat nostavat esille suomalaisen avaruustoiminnan panostuksiin ja niiden kohdentumiseen liittyviä kysymyksiä. Haastateltavat ja kyselyyn vastanneet henkilöt kaipaavat suomalaiselta avaruustoiminnalta enemmän fokusoitumista ja selkeämpiä linjauksia. Toisaalta kaivataan myös riskejä ja mahdollisuuksia olla luomassa yritystoimintaa tutkimusprojektien sisällä. Lisäksi suomalaisten toimijoiden toivotaan varautuvan tulevaisuuteen kehittämällä erikoistumista ja yhdistämällä pieniä panostuksia.

Linjausten ja fokusoinnin osalta vastaajat ja haastateltavat nostavat suomalaisen avaruustoiminnan toimintaympäristöön liittyen esille sen strategisuuden puutteen. Suomalaista avaruustoimintaa ohjaavat tavoitteet eivät vastaajien ja haastateltavien mukaan tällä hetkellä konkretisoidu. Vuonna 2009 laaditussa kansallisessa avaruusstrategiassa kyllä osoitetaan tavoitteita suomalaiselle avaruustoiminnalle, mutta näihin tavoitteisiin ei kytketä toimenpiteitä tai rahallisia panostuksia ja vastuita. Tavoitteiden toteutumiselle ei ole asetettu erillisiä mittareita.

Sähköisen kyselyn vastausten perusteella nähdään, että suomalaisilla toimijoilla olisi potentiaalia, mutta rahoitus ja osaaminen muodostavat kehitykselle pullonkauloja. Esimerkiksi erään vastaajan mukaan kehitys näyttäisi tällä hetkellä suosivan panostuksia kaukokartoitustoimintaa hyödyntävään ympäristön ja ilmakehän monitorointiin, mihin kotimaiset panostukset eivät kuitenkaan juuri nyt hänen mukaansa tarpeeksi kohdistu. Haastatteluissa nostettiin myös esiin kotimaisten toimijoiden mahdollisuus toimia erilaisten järjestelmien tilaajina ja siten kehittää alan kotimaista teollisuutta. Haastateltavat nostavat esille myös Tekesin rooli teollisuuden tukijana. Osa haastateltavasti kokee, että Tekesin mielenkiinto avaruustoimintaa kohtaan olisi laskussa. Tämän vuoksi osa haastateltavista katsookin, että tulisi tehdä selvä linjaus siitä, panostetaanko avaruustoimintaan ja jos panostetaan, niin tulisi panostuksen olla selkeästi kohdennettu ja resursoitu.

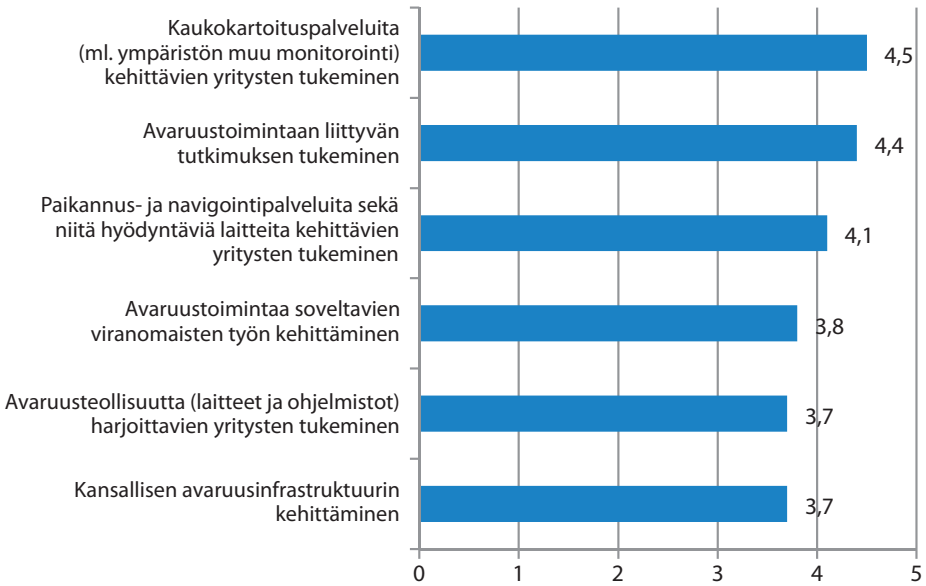
Sähköisen kyselyn yhteydessä vastaajia pyydettiin ottamaan kantaa siihen, millaisia panostuksia suomalaisessa avaruustoiminnassa tulisi tehdä. Kysymyksenasettelussa korostuukin vastaajien yleinen näkemys siitä, että avaruustoimintaan pitäisi panostaa lisää. Kuvasta 3 huomataan, että vähiten panostuksia vastaajien näkemyksen mukaan kannattaisi sijoittaa avaruusteollisuuteen ja kansallisen avaruusinfrastruktuurin kehittämiseen. Nämäkin kohteet saavat kuitenkin huomattavan positiivisen kannatuksen.

Eniten kannatusta kerää kaukokartoituspalveluita kehittävien yritysten tukeminen. Ala nähdään merkittävänä ja sen kehittämispotentiaaliin uskotaan, kuten myös haastatteluiden perusteella voidaan päätellä. Vastaajat haluavat suunnata tukea vahvasti myös tutkimustoimintaan. Erityisen korostuneesti tutkimustoimintaan panostamista kannattavat ne vastaajat, jotka kertoivat edustavansa tutkimusorganisaatioita, mutta myös muiden vastaajatahojen näkemysten keskiarvo ylittää selvästi nelosen rajan. Kyselyn perusteella voidaan ajatella, että avaruustoimintaan osallistuvat organisaatiot ymmärtävät tutkimustoiminnan myös muun tekemisen moottorina.

Avaruustoiminnan organisoitumisesta keskusteltaessa tutkimukseen

[1] Sipilä Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen puolustus- ja ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 18-28.

Kuva 3. Näkemykset avaruustoiminnan panostusten kohdentamiseen. 1=ei lainkaan tärkeää ja 5=erittäin tärkeää (Keskiarvo, n=32)



liittyvät kysymykset nousivat esille erityisesti fokusoimisen ja poisvalinnan kautta. Osa haastateltavista nosti esille, että erityisesti maan ulkopuoliseen avaruuteen liittyvää tutkimustoimintaa on sellaista, joka ei välttämättä ole Suomen kokonaisedun kannalta tarpeellista. Rahoituksen pitäisi heidän mukaansa keskittyä toimintaan, jossa tarkkaillaan maata tai kehitetään esimerkiksi teknologiaa. Tosin monet haastateltavat myös puolustivat puhtaasi tieteellisen perustein rahoitettua tutkimusta ja näkivät sen oleellisena osana avaruustoiminnan kokonaisuutta ja pitkällä tähtäimellä yhtenä toiminnan perusteena. Avaruusteknologian siirto kaupallisille markkinoille on prosessi, johon toivotaan panostuksia sekä Tekesiltä että ESAlta.

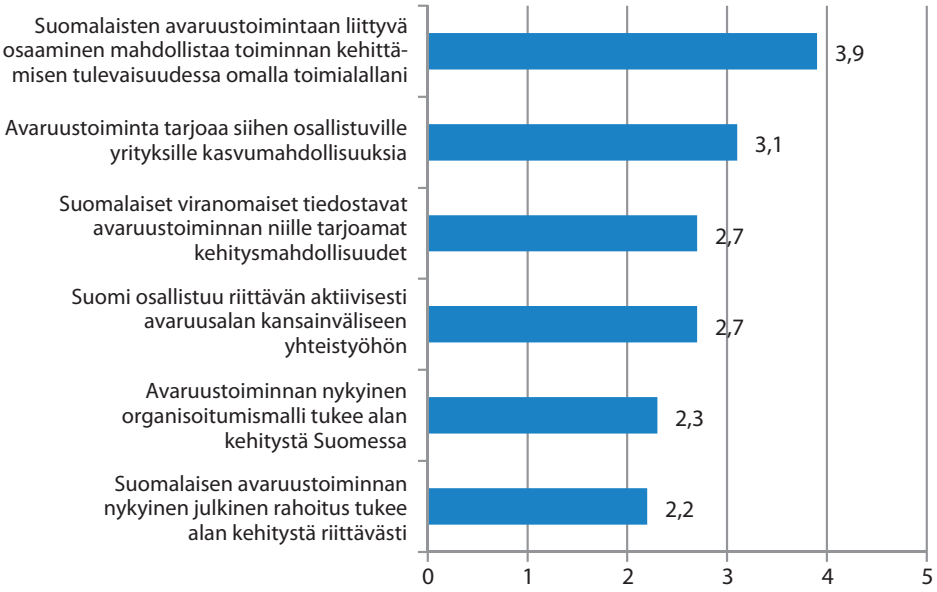
Arvioinnin yhteydessä on esitetty mielipiteitä, joiden mukaan Suomessa ei oteta avaruuslaitteita valmistavaa teollisuutta tarpeeksi vakavasti. Kritiikin mukaan tämä näkyy siinä, miten Tekes edellyttää yritysten tekevän ESA-hankkeiden yhteydessä liiketoimintasuunnitelman, joka tähtää avaruustoiminnan ulkopuoliseen hyödynnettävyyteen. Tätä prosessia kuvaillaan keinotekoiseksi ja avaruustoimintaa aliarvioivaksi. Samoin kritiikki kohdistuu siihen, ettei suomalaisille yrityksille tuoda tarpeeksi selkeästi esille mm. Galileoon ja GMES:iin liittyviä mahdollisuuksia. Tämä kytkeytyy tulosten käsittelyn yhteydessä esille nostettuun kysymykseen kansainvälisillä foorumeilla tapahtuvasta edustus- ja viranomaistyöstä, johon ei tällä hetkellä koeta olevan riittävästi resursseja.

Avaruustoiminnan organisointi

Avaruustoiminnan organisoituminen asettuu helposti tarkastelun kohteeksi, sillä se nähdään tapana lisästä toiminnan vaikuttavuutta suhteellisen niukoilla resursseilla toimittaessa. Koska suomalaisen avaruustoiminnan ydinsisältö liittyy tämän arvioinnin perusteella kansainväliseen toimintaan osallistumiseen ja kansainvälisen infrastruktuurin hyödyntämiseen, on kansallisen toiminnan tehokas organisointi tärkeää tämän toiminnan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämisen kannalta.

Arvioinnin yhteydessä on käynyt ilmi, että avaruustoiminnan organisoitumisessa nähdään parannettavaa. Sähköisen kyselyn vastaajat kokivat paljon kehitettävää avaruustoiminnan julkisen rahoituksen tasossa sekä

Kuva 4. Mielipiteet avaruustoiminnan kehittämisestä ja mahdollisuuksista. 1=täysin eri mieltä ja 5=täysin sama mieltä. (keskiarvo, n=32).



avaruustoiminnan nykyisessä organisoitumismallissa. Suomalaisten osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön voisi myös olla vastaajien näkökulmasta aktiivisempaa. Samoin vastaajat kokivat, että viranomaiset eivät vielä täysin ymmärrä avaruustoiminnan tarjoamia mahdollisuuksia. Tämä tukee myös niitä näkemyksiä, joita nousi esiin edellä tehdyssä hallinnonaloittaisessa tarkastelussa. Sen sijaan suomalaisen avaruustoiminnan kannalta on positiivista, että kyselyyn vastanneet asiantuntijat katsoivat avaruustoimintaan liittyvän kotimaisen osaamisen olevan varsin hyvällä tasolla ja mahdollistavan toiminnan kehittämisen tulevaisuudessa.

Avaruustoiminnan omistajuus

Avaruusasiain neuvottelukunnan periaatteena on, että nyt istuvassa, 15.4. 2010 nimitetyssä, neuvottelukunnassa ovat edustettuna sellaiset organisaatioiden johtotasoilla toimivat henkilöt, joilla on mahdollisuuksia vaikuttaa avaruustoimintaan sidottaviin määrärahoihin. Aikaisemmin neuvottelukuntien kokoonpanoissa on ollut eri avaruustoiminnan sektoreihin liittyviä asiantuntijoita. Neuvottelukunnan uudesta kokoonpanosta huolimatta se ei suoraan ohjaa avaruustoimintaan käytettäviä rahallisia panostuksia, vaan toiminnan rahoitus muodostuu useiden eri kanavien kautta. Tekes ja Suomen Akatemia vastaavat valtaosasta panostuksia omien tavoitteidensa ja periaatteidensa mukaisesti. Iso osa Suomen avaruustoiminnan panostuksesta kohdistuu erilaisten kansainvälisten organisaatioiden osallistumismaksuihin. Tekesin rooli suomalaisen avaruustoiminnan kokonaiskoordinaattorina rajoittuukin pitkälti ESA-toimintaan liittyviin tehtäviin.

Eräiden näkemysten mukaan tämän organisoitumisen nykymallin ei koeta tukevan kehitystä ja mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttäisi avaruustoiminnan selkeämpää omistajuutta ja vahvaa tahtotilaa tulevaisuuden suunnasta.

Suomalaisen avaruustoiminnan organisoituminen nousi esille säännöllisesti arvioinnin yhteydessä ja siitä keskusteltiin erityisesti arvioinnin aikana järjestetyissä työpajoissa. Kysymys organisoitumisesta keskittyi toisaalta Avaruusasiain neuvottelukunnan rooliin ja toisaalta Tekesin toimintaan. Suomessa avaruustoimintaa tuetaan neuvottelukuntarakenteen kautta, mutta toimintaa ohjaavat vahvasti eri hallinnonalojen sektorikohtaiset tavoitteet. Kaiken kaikkiaan suomalainen avaruustoiminta nähdään kokonaisuutena, jota koordinoidaan löyhästi, eikä

se ole verrattavissa esimerkiksi Tekesin eri teknologiaohjelmiin. Monet eri julkiset ja yksityiset tahot toteuttavat avaruustoimintaa omista lähtökohdistaan käsin, minkä vuoksi avaruustoimintaa ei voida arvioida yhtenäisen teknologiaohjelman tai hankkeen tavoin.

Toisaalta monet haastateltavat puolustavat avaruustoiminnan hajautettua organisoitua. PIA ry:n toimeksiannosta kirjoitetussa Avaruusteollisuuskatsauksessa todetaan, että avaruusteollisuuden näkökulmasta on etu, ettei Suomessa ole keskitettyä avaruushallintoa. Tällöin teollisuus voi asioida Tekesin kanssa sekä avaruus- että soveltavaan liiketoimintaan liittyvissä asioissa. Katsauksen mukaan tällöin korostuu optimaalisten tukitoimien räätälöinti yrityskohtaisesti, sillä avaruusteollisuudesta ei uskota kasvavan merkittävää teollisuutta Suomessa.[2] Haastateltavat näkevät, että moniulotteisuus sopii suomalaisen avaruustoimintaan myös sen vuoksi, ettei avaruuden strateginen merkitys itsessään ole pienelle maalle niin tärkeää kuin suuremmille maille. Avaruustoiminnan hyödyt realisoituvat monipuolisesti eri hallinnonalojen alla. Sellaisen "avaruusviraston" rakentaminen, joka palvelisi useita eri hallinnonaloja, koetaan vaikeaksi. Tällaisen viraston uskotaan jäävän merkitykseltään pieneksi. Osa haastateltavasti näkee, että virasto voisi keskittyä oikeastaan vain ESA -toimintaan ja avaruustieteeseen. Nykyisen toimintamallin nähdään sitovan avaruutta osaksi muita asiakokonaisuuksia.

Tällä hetkellä ANK:n kokoonpanossa on aiempia toimintakausia enemmän henkilöitä, joiden voidaan katsoa olevan resurssien suhteen päättävissä asioissa. Suurella osalla edustajista on itsellään vankka tausta avaruustoimintaan liittyen ja neuvottelukunnan työtä tukee asiantuntijoista koottu sihteeristö. Tähän neuvottelukunnan uudelleenorganisoitumiseen kiinnitettiin huomiota useissa eri organisaatioissa, joita arvioinnin yhteydessä kuultiin. Tässä suhteessa muutos nähtiin positiivisena, mutta samalla koettiin, ettei se ole vielä tuottanut tuloksia. Neuvottelukunnalla nähdään nyt olevan entistä enemmän mahdollisuuksia oikeasti ohjata ja fokusoida suomalaista avaruustoimintaa. Haastateltavat nostavat kuitenkin esiin, että neuvottelukunta kokoontuu varsin harvoin ja keskustelut ovat ESA-sidonnaisia ja ESA-toiminnan nähdään dominoivan keskusteluja liikaa. Toiminnan kuvaillaan olevan myös liian TEM- ja Tekes-keskeistä, vaikka uudenmuotoisen neuvottelukunnan onkin tarkoitus katsoa kokonaisuudessaan yhteiskunnan kokonaisetua. Erityisesti Tekesin nähdään toteuttavan omaa rooliaan varsin itsenäisesti.

Neuvottelukunnalla todetaan olevan myös tiedonvaihtoon liittyvä rooli ja se saattaakin valtionhallinnon eri osapuolia yhteen. Tämän ansiosta monet sellaiset sektorit, jotka eivät ole niin aktiivisesti mukana avaruustoiminnassa, pääsevät seuraamaan kehitystä ja hakemaan yhteistyömahdollisuuksia. Tietoisuuden ja kiinnostuksen kasvattaminen voi avata uusia mahdollisuuksia avaruustoiminnan soveltamiselle. Moni kokee neuvottelukunnan asemaltaan kuitenkin liian heikoksi. Monet arvioinnin yhteydessä kuulluista asiantuntijoista haluaisivatkin nähdä enemmän fokusointia ja pirstaleisten resurssien vaikuttavampaa käyttöä.

Ensimmäinen kritiikki neuvottelukunta kohtaan koskee strategioiden ympäripyöreyttä. Niiden koetaan olevan liian yleisiä, eivätkä ne tee tarpeeksi poisvalintaa. Keskittyminen nähdään tärkeäksi tilanteessa, jossa resurssit kapenevat. Erityisesti huolenaiheeksi nähdään se, että kun samalla kansallista rahoitusta avaruustoimintaan ei ole kasvatettu, ESA-maksut ovat nousseet. Tämän vuoksi voidaan tehdä entistä vähemmän valintoja siitä, mihin toimintaan osallistutaan. Monet haastateltavat tuovat myös esiin, että voimakkaammat kansalliset panostukset avaruustoiminnan soveltamiseen auttaisivat synnyttämään vaikutuksia ja lopulta tuomaan takaisin myös kansainväliseen toimintaan sijoitettuja rahoja. Neuvottelukunnan ongelmaksi käydyissä keskusteluissa nähdäänkin se, ettei sillä juurikaan ole mahdollisuuksia ohjailla resursseja. On selvää, että Suomen Akatemia tekee päätöksen tieteellisten kriteerien perusteella ja muut organisaatiot haluavat edistää omia tavoitteitaan. Osa haastateltavista nostaakin esiin, että julkiset varat pitäisi nähdä yhteisenä pottina, jonka suhteen jollain taholla tulisi olla enemmän määräysvaltaa.

Suomalaiselta avaruustoiminnalta toivotaan myös kokonaisvaltaisempaa näkökulmaa avaruuteen. Kuten edellä jo todettiin, TEM:n ja Tekesin näkökulmien on todettu painottuvan avaruustoiminnan agendassa. Eräs haastateltava kuvaa avaruustoiminnan olevan Suomessa lopulta tutkimusvetoista, minkä vuoksi organisoitumiseen liittyen tarvittaisiin tiiviimpää vuoropuhelua Tekesin ja Suomen Akatemian välillä. Strategiatyössä olisi tällöin luotava

[2] Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys Ry, 28.1.2010, 12.

suuntaa myös avaruustieteelle. Tekesiä kohtaan osoitetaan kritiikkiä siitä, että se edellyttää avaruustoimintaan osallistuvilta yrityksiltä Tekesin omien tavoitteiden mukaisia liiketoimintasuunnitelmia. Tekesin koetaan näkevän avaruustoiminta välillä liiankin vahvasti yritysten muun toiminnan kehittämisen kautta.

Avaruustoiminnan ja yhteistyön koordinointi

Avaruustoiminnan koordinointiin toivottiin haastatteluissa jäntevyyttä sekä kykyä koota rahoitusta isommiksi kokonaisuuksiksi. Koordinoidumman panostamisen ja yhteistyömahdollisuuksien etsimisen ruohonjuuritasolla uskottaisiin tuovan toimintaan lisää vaikuttavuutta ja auttavan Suomea keräämään itselleen mm. enemmän ESAn maapalautetta. Aktiivisempi mahdollisuuksien etsiminen kasvattaisi näkemysten mukaan myös toiminnan volyymia ja vaikutuksia. Eräs haastateltava vertasi tilannetta Ruotsiin ja Norjaan, jossa paikalliset avaruuskeskukset katsovat toimintaa kokonaisuutena ja tukevat alaa erilaisin ohjelmin.

Osa haastateltavista myös pohti, ettei avaruustoiminnan koordinaatiovastuu ole välttämättä kaikkein luontevin osa Tekesin ja TEM:n toimintaa. Esimerkiksi operatiivisen toiminnan suhteen, mitä GMES-toiminta edustaa, luontevin paikka koordinaatiolle olisi yhden näkemyksen mukaan liikenne- ja viestintäministeriö, sillä se vastaa jo EUMETSAT -toiminnasta. Tekesin rooli ESA-toimintaan osallistumisen mahdollistajana nähdään kuitenkin tärkeänä, mutta on myös esitetty näkemyksiä, joiden mukaan tämä Tekesin rooli olisi vuosien varrella hämärtynyt.

Haastateltavat nostavat esiin myös avaruustoiminnan ydinryhmiä, joiden ympärillä toimintaa voitaisiin kehittää. Erään haastateltavan mukaan LVM, TEM, Tekes ja Ilmatieteen laitos ovat toimijajoukko, jotka voisivat suunnitella avaruustoimintaan yhdessä entistä tiiviimmin. Toiminnan ulkokehällä olisivat opetus- ja kulttuuriministeriön, ympäristöministeriön sekä maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalat yhdessä puolustusvoimien kanssa. Ajatuksena on, että kahden selvemmin toimintaan sitoutuneet hallinnonalan resurssit auttaisivat luomaan toiminnan vaatimaa kriittistä massaa. Haastateltavan mukaan onnistuminen on mahdollista, sillä kyse olisi jo olemassa olevien resurssien yhteisestä koordinaatiosta, ei uusien resurssien etsimisestä.

Lisäksi suomalaisen avaruustoiminnan organisoitumisen yhteydessä on kansainväliseen toimintaan liittyvä edustamistyöt noussut esille. Joidenkin haastateltavien mukaan ei hallinnolliseen työhön ja Suomen etujen ajamiseen riitä välttämättä tarpeeksi aikaa, kun taas että monet muut maat lobbaavat välillä hyvinkin vahvasti oman teollisuutensa puolesta. Osa haastateltavista haluaisikin lisätä resursointia avaruustoiminnan koordinointiin Suomessa. Avaruusteollisuuden näkökulmasta oleellista on myös se, että toiminta perustuu pitkälti julkisiin hankintoihin ja tässä suhteessa teollisuuden kannalta olisi hyödyllistä pystyä mahdollisimman hyvin ennakoimaan julkisten toimijoiden tarpeet ja suunnitelmat.

Avaruustoiminnan organisoitumisen näkökulmasta yksi huomioitava asia onkin, että kansainvälisiin hankkeisiin osallistuminen tuo mukanaan myös tarpeen edustaa Suomea. Kansainvälisen yhteistyön rakentaminen edellyttää paljon hallinnollista työtä. Arvioinnin yhteydessä onkin keskusteltu edustehtäviin kuluvasta ajasta ja todettu, että toiminta on pitkälti kiinni yksittäisistä ihmisistä ja heidän mahdollisuuksistaan panostaa annettuun tehtävään. Suomen etujen ajaminen kansainvälisillä foorumeilla tapahtuu aina muiden tehtävien ohella, eikä siihen välttämättä ole tarpeeksi aikaa tai osaamista liittyen johonkin erityisteemaan. Haastateltavien mukaan monia asioita voitaisiin valmistella kansallisesti paremmin. Tähän liittyy myös avaruustoiminnan kansallinen koordinaatio. Osa haastateltavista näkee, että kansallinen koordinaatio voisi olla aktiivisempaa ja auttaa nykyistä enemmän rakentamaan yhteistyötä kotimaisten toimijoiden välillä käytännön toiminnan tasolla.

Myös haastatellut avaruusteollisuuden edustajat, nostivat esille tarpeen kotimaiselle yhteistyölle. Kotimaisten toimijoiden toivotaan keskustelevan enemmän keskenään ja Tekesin kanssa ja PIA ry:llä onkin ollut yhteistyöhön liittyviä aloitteita. Haastateltavat kokevat, että suomalaiselta teollisuudelta puuttuu rakenteet, jotka tukisivat yhteistyötä. Yhtenä ratkaisuehdotuksena nähdään esimerkiksi TEM:n rakentama yhteinen tahtotila, jota vietäisiin koordinoidusti eteenpäin. Myös isommat hankkeen nähdään mahdollisuutena tuoda kotimaisia yrityksiä yhteistyöhön. Haastateltavat nostavat esiin yhteistyön lisäämisen myös kaukokartoitusta tekevien toimijoiden välillä. Tässäkin suhteessa yhteiset ohjelmat nähdään mahdollisuutena kehittää toimintaa.

Vastaajat ottivat myös kantaa siihen, miten eri julkiset toimijat voisivat tukea yrityksiä jatkossa paremmin. Peruslähtökohtana eräs vastaajista

nostaa esille selkeämmän kansallisen tahtotilan muodostamisen ja yleiseen toimintaan sitoutumisen. Julkisilta toimijoilta kaivataan tietoa projekteista ja tukea niiden valinnassa. Eräs vastaaja korostaa, että julkisten toimijoiden, kuten Ilmatieteen laitoksen, yliopistojen ja Geodeettisen laitoksen tulisi ennen kaikkea omalla korkeatasoisella toiminnallaan varmistaa suomalainen perusosaaminen, jota yritykset voivat hyödyntää rekrytointien kautta. Tämä edellyttää julkisilta toimijoilta järkevää fokusoimista laatuun annettujen resurssien puitteissa.

Tunnistetut haasteet

ESA-toiminnan haasteet liiketoimintavaikutusten näkökulmasta

Kuten PIA ry:n Avaruusteollisuuskatsauksessa todetaan, muodostuu merkittävä osa ESA-palautteesta varsinaisten avaruuslaitteiden valmistuksesta. Tämän valmistavan avaruusteollisuuden kokonaisvolyymi on Suomessa varsin pieni – noin 15 miljoonaa euroa ja se työllistää noin 100 henkeä. Teollisen toiminnan volyymin kuvataan pysyneen lähes ennallaan useamman vuoden ajan. Avaruusteollisuus on raportin mukaan myös usein kannattanut huonosti. Katsauksessa kuullut toimijat eivät myöskään näe, että ESA-toiminnan kasvu voi olla yritysten päämäärä, sillä toiminta volyymi on varsin pieni ja sidottu Suomen osuuteen ESAn jäsenmaksuista.[3]

Arvioinnissa kuullut asiantuntijat näkevät avaruusteollisuuden kasvumahdollisuudet haasteellisena, sillä yritysten avaruustoiminta nähdään hyvin ESA-riippuvaisena.

Avaruusteollisuuskatsauksen perusteella ESA-toiminnan haasteena on myös se, että ESA-projektien aikataulut ja volyymit vaihtelevat voimakkaasti. Samoin osallistuminen avaruusteknologian kehittämiseen tarkoittaa myös usein sitä, että yrityksen parasta osaamista ja muita resursseja joudutaan siirtämään perusliiketoiminnan ja sen kehittämisen ulkopuolelle. Yritysten kannalta haasteellista on myös se, että avaruustoimintaan liittyviä projekteja on harvoin tarjolla säännöllisesti, jolloin projektien väliset aukot ja viivästymiset aiheuttavat helposti tappioita. Lisäksi avaruuteen liittyvien projektien ajoitusta on vaikea ennakoida. Erityisesti pienet ja harvoin avaruustoimintaan osallistuvat yritykset saattavat pitää ESA-projekteihin liittyviä tarjousprosesseja haastavina.[4]

Osallistumisen mahdollistamisessa on kyse myös siitä, miten suomalaisille yrityksille sopivia hankkeita on tarjolla. Tämän arvioinnin yhteydessä haastatellut asiantuntijat korostivat, että maapalautteen näkökulmasta osallistuminen ESA-toimintaan voisi olla vieläkin selkeämmin fokusoitunutta.

ESAn budjetin kasvaessa Suomen määrärahoista entistä suurempi osa menee pakollisiin ohjelmiin, jolloin panostettavaa jää vähemmän ESAn vapaaehtoisiin ohjelmiin. Tämä voi heikentää suomalaisten yritysten mahdollisuuksia saada niiden toimintaa tukevia toimeksiantoja. Haastatteluissa arvellaan, ettei avaruusteollisuutta nykyisellään olisi ilman ESA-toiminnan mahdollisuutta.

Yritysten ESA-toiminnan kannalta olennaista onkin ottaa huomioon se, että ESA-toiminnassa vaikutuksia etsitään myös selkeästi muista suunnista kuin suorista liiketoimintavaikutuksista. Avaruusteollisuuskatsauksen perusteella ESA-toiminta nähdäänkin lopulta strategisena mahdollistajana, joka pitäisi ymmärtää ympäristönä teknologian kehittämiseen ja kontaktien luomiseen.[5]

Arvioinnin yhteydessä käydyissä haastatteluissa sivuttiin usein sitä, ettei Suomi saa ESA-sopimuksia jäsenmaksua vastaavaa osuutta. Haastatellut asiantuntijat nostivat usein esiin Suomen ESA-toimintaan liittyvän alipalautteen ja pitivät sitä yhtenä selkeänä haasteena, jonka ratkeaminen kehittäisi suomalaisen avaruustoiminnan vaikuttavuutta. Haaste on tyypillinen muillekin pienille ESAn jäsenmaille. Alipalautteesta johtuen Suomi ja 5-6 muuta maata ovat ESAn erityistoimenpiteiden kohteena, joiden myötä mm. osa ESA-toimintaa koskevista tarjouskilpailuista on rajattu vain näille maille.

Muut haasteet

Teknologian kehittyminen nähdään yhtenä avaruusteollisuuden pullonkaulana. Tässä suhteessa haastateltavat tunnistavat merkittäväksi asiaksi sen, että avaruusteknologiaan liittyvää opetus- ja tutkimustoimintaa on myös yliopistoissa, sillä tällöin toiminta ei ole kiinni ainoastaan epävarmasti projekti-

---

3 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 10-12.
4 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 16-27.
5 Sipilä, Heikki: Avaruusteollisuuskatsaus. Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry 28.1.2010, 37-38.

rahoituksesta. Tässä suhteessa muutamat haastateltavat nostavat esiin nanosatelliittiteknologian kehittämisen yhtenä tulevaisuuden avaruusteollisuuteen liittyvänä mahdollisuutena, jolla jo nyt on koulutuksellista merkitystä. Osa haastateltavista näkeekin selviä haasteita uuden teknologian ja toimintatapojen käyttöönotossa. Osa haastateltavista pitää avaruusteknologiaan liittyvää osaamista pullonkaulana sille, miksi Suomi on teollisuuspalautteen suhteen huonossa asemassa ESA:ssa. Heidän mukaansa avaruusteknologian kehittämiseen ei ole pystytty panostamaan tarpeeksi kansallisesti.

Haastateltavat korostavat, että vaikka esimerkiksi kaukokartoitusten sovellusmahdollisuuksia julkisella sektorilla on tutkittu varsin paljon, on sen todellinen käyttöönotto varsin pitkä prosessi. Tekniikan tarkkuus ei ole ollut välttämättä riittävää ja palveluiden hinnat ovat olleet liian korkeita. Haastatteluissa esitettyjen näkemysten mukaan käyttöönotto voisi yleistyä, jos teknologia ylittää tietyn kynnyksen. Lisäksi materiaalin pitäisi olla mielellään ilmaista ja helposti saatavilla. Tässä mielessä haastateltavat nostavat esiin toimintamallin, jossa esimerkiksi ajanmukaista satelliittikuvaa tallentuu jatkuvasti, jolloin myrskytuhoja voidaan arvioida helposti. Tämä edellyttäisi puolestaan reaaliaikaisen tilanteen sisältävää tietovarantoa. Kaukokartoitusaineiston hyödyntämisen helpottamiseksi ja satelliittidatan varatoimiseksi on ehdotettu satelliittidata-arkiston perustamista, jolle luontainen paikka olisi Sodankylän vastaanottoasemalla. Ajatusta on kartoitettu mm. Ilmatieteen laitoksen toteuttamassa *Kansallisen satelliittidatapalvelun tarve- ja toteutettavuusselvityksessä*.[6]

Haasteena avaruustoiminnan mahdollisuuksien hyödyntämisessä julkisella sektorilla on myös se, että ympäristön ja luonnonvarojen seurantaan liittyvät velvoitteet kasvavat samalla kun resurssit vähenevät. Näin ollen avaruustoiminnan käyttöönotto edellyttää, että sen avulla saadaan merkittävästi tehostettua muuta toimintaa tai että järjestelmä tuo kustannussäästöjä perinteisiin järjestelmiin nähden. Osa haastateltavista muistutti, että kustannustehokkaamman toiminnan mahdollistaminen satelliitti-informaatiota hyödyntäen ei ole automaattinen prosessi. Operatiivisen toiminnan tulee perustua riittävän vahvaan infrastruktuuriin, joka tuottaa jatkuvaa palvelua. Lisäksi tiedon pitäisi olla lähes reaaliaikaista. Esimerkiksi maa- ja metsätalouden piirissä hyödyntämisen kerrotaan olevan kiinni satelliitti-informaation tarkkuuden parantamisessa, jotta se kilpailisi lentokoneiden avulla kerätyn tiedon kanssa. Tieto tulee olla myös saatavilla tarvittavan tiheällä syklillä, että muutosta ja mahdollisia onnettomuuksia voidaan tutkia. Tiedon tulee olla myös sellaisessa muodossa, että sitä on helppo hyödyntää ja sen tulee olla helposti saatavilla.

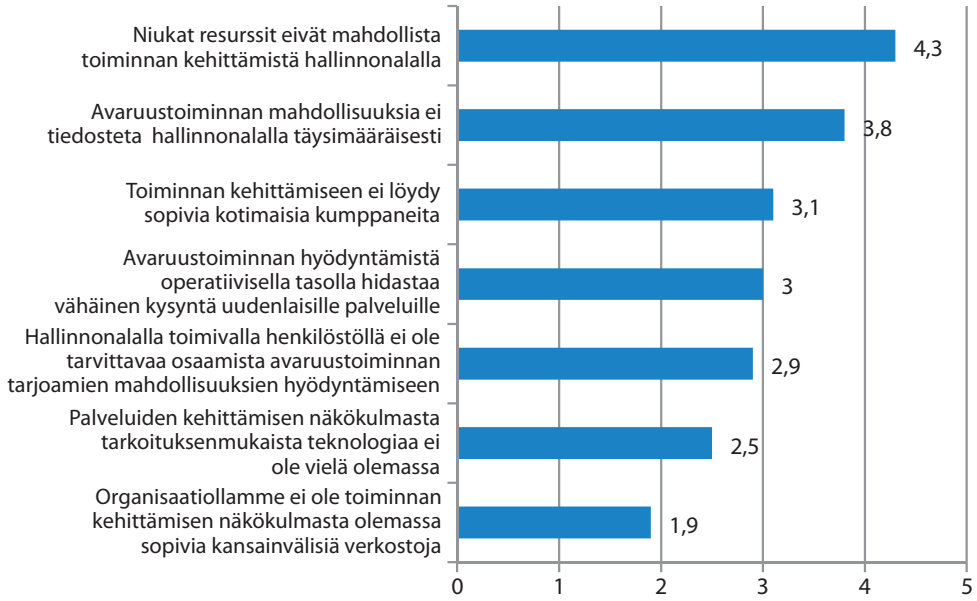
Myös asennekysymykset voivat vaikuttaa siihen, miten uusia toimintatapoja osataan hyödyntää. Haastateltavat arvelevat, että menetelmien arviointi tarpeeksi kriittisesti voi olla vanhoihin toimintatapoihin tottuneille vaikeaa. Se myös vaatii resursseja jo siitäkin syystä, että uudenlaisten toimintatapojen rakentaminen edellyttää investointeja. Julkiset organisaatiot tunnistavat avaruustoiminnan hyödyntämiseen liittyvää potentiaalia, mutta myös niiden saavuttamiseen liittyviä esteitä. Arvioinnin yhteydessä toteutetussa sähköisessä kyselyssä vastaajia pyydettiin myös arvioimaan, mitkä asiat estävät avaruustoiminnan hyödyntämistä heidän omissa organisaatioissaan. Kuvasta 5 käy ilmi, että vastaajat kokevat suurimmaksi haasteeksi ennen kaikkea niukat resurssit. Kaikkein vähiten hyödyntämistä ehkäisevät kansainvälisten verkostojen ja tarkoituksenmukaisen teknologian puute. Sähköisen kyselyn vastauksissa teknologia ei siis nouse haasteeksi toisin kuten muutamissa arvioinnin yhteydessä tehdyissä haastatteluissa. Kaksi eri näkemystä voidaan tulkita niin, että julkisten organisaatioiden toiminnassa löytyy kehitettävää erilaisia menetelmiä hyödyntäen. Joidenkin näkemysten mukaan voimakkaammalla kehittämistyöllä voitaisiin ylittää kynnys uusien menetelmien käyttöönotolle. Tässä suhteessa kyseessä on sekä asenne- että resurssikysymys. Uudistamiselle pitää olla rohkeutta ja resursseja, vaikka perustelut olisivatkin pitävät.

Yhtenä hyödyntämisen lisäämisen esteenä nähtiin myös se, että avaruustoiminnasta keskustellaan liian teknisellä tasolla. Asiakaslähtöisyyden lisääminen tältä osin voisi auttaa loppukäyttäjiä löytämään toiminnan hyötyjä paremmin.

---

[6] Ahonen, Petteri: Kansallisen satelliittidatapalvelun tarve- ja toteutettavuusselvitys. Ilmatieteen laitos 30.3.2010.

Kuva 5. Avaruustoiminnan haasteet ja mahdollisuudet julkisella sektorilla. 1=täysin eri mieltä ja 5=täysin samaa mieltä. (keskiarvo, n=11)



Mahdollisuudet

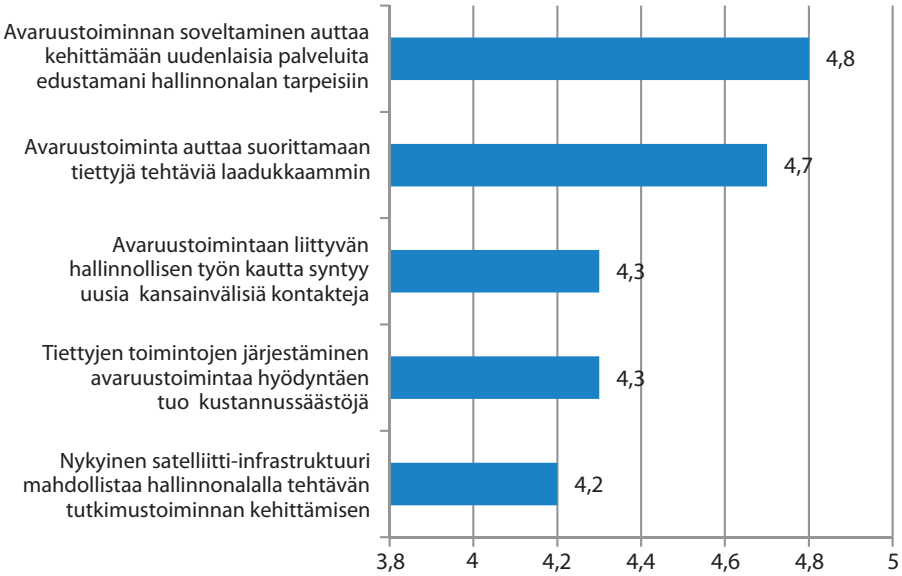
Mahdollisuudet julkisella sektorilla

Arvioinnin yhteydessä tehdyssä kyselyssä kysyttiin eri viranomaisilta, minkälaiseksi he kokevat oman hallinnonalansa tarpeen hyödyntää avaruustoimintaa. Vastaajat näkivät avaruustoiminnan erittäin tarpeellisena. Erittäin suurena tarvetta piti 36 % vastaajista ja melko suurena 55 % vastaajista. On tosin muistettava, että kyselyyn vastasivat avaruustoiminnan kanssa tekemisissä olevat asiantuntijat. Vastaajat saivat myös perustella, mikä toiminnasta tekee heidän näkökulmastaan kiinnostavaa tai millaisia hyötyjä avaruustoiminnan kautta voidaan tavoitella. Kuten kuvasta 6 huomataan, esitetyt vaihtoehdot saavat kaikki selvän kannatuksen. Kyselyn ja haastatteluaineiston perusteella voidaan todeta, että avaruustoiminnan uskotaan tukevan julkisten organisaatioiden toimintaa monella tapaa ja sen hyödyntämistä kohtaan on olemassa selkeää motivaatiota.

Haastateltavat korostavat, että palveluiden tuottaminen uudenlaisilla menetelmillä edellyttää sitä, että ne käydään kriittisesti läpi ympäristöparametrien kohdalla tämä tarkoittaa jokaisen mittarin yksilöllistä arviointia. Lisäksi avaruustoiminnan tarjoamien ratkaisujen nähdään kilpailevan hinnallaan, laadullaan ja toimintavarmuudellaan perinteisten menetelmien kanssa. Hyvänä esimerkkinä tästä mainitaan mm. kaukokartoitus, jonka soveltamisen avulla uskotaan voivan saavuttaa nopeillakin askeleilla merkittäviä kustannushyötyjä. Maasta käsin tapahtuvaan mittaamiseen verrattuna satelliittiaineisto voi tuottaa tietoa nopeammin, tarkemmin ja halvemmin. Tutkimuksen toistettavuus myös paranee ja sitä voidaan hyödyntää laajemmilla alueilla.

Arvioinnin yhteydessä tehdyssä sähköisessä kyselyssä julkisten organisaatioiden edustajia pyydettiin kuvailemaan millaisia mahdollisuuksia ja sovelluskohteita avaruustoiminta tuottaa kunkin organisaation näkökulmasta. Vastauksissa korostuvat luonnonvaroja ja ympäristöä koskevat seurannat. Tässä yhteydessä vastaajat nostavat esille satelliitti-informaation hyödyntämisen mahdollistamat säästöt. Perinteiset "in-situ"-mittaukset ovat työvoimaintensiivisiä. Satelliitti-informaation avulla ympäristön tilan seurantaa voidaan kuultujen asiantuntijoiden näkemysten mukaan modernisoida ja viedä kustannustehokkaampaan suuntaan.

Kuva 6. Avaruustoiminnan hyödyntämismahdollisuudet julkisella sektorilla. 1=täysin eri mieltä ja 5=täysin samaa mieltä (keskiarvo, n=11)



Tulevaisuuden potentiaalisten vaikutussuuntien osalta erityisesti esille nostetaan satelliitti-informaation soveltamiseen liittyviä asiakokonaisuuksia. Ne käsittelevät toisaalta paikannus- ja navigointitoimintaan liittyviä mahdollisuuksia ja toisaalta kaukokartoitustoimintaan liittyviä mahdollisuuksia. GPS-signaaliin tavoin erilaisia sovellusmahdollisuuksia on runsaasti. Uutena aspektina haastatteluissa nostettiin esille PRS-palvelu, joka tarjoaa vain viranomaiskäyttöön tarkoitetun suojatun signaalin. Tämän palvelun hyödyntämiseen tarvittaisiin kuitenkin uudenlaisia päätelaitteita.

Paikannus- ja navigointitoiminnassa haastateltavat tunnistavat paljonkin mahdollisuuksia julkisen sektorin toiminnan kannalta. Kaiken kaikkiaan paikannusteknologian uskotaan entisestään arkipäiväistyvän. Yleisimpänä esimerkkinä haastateltavat nostivat esiin liikenteen. Liikenne- ja viestintäministeriön älyliikenteeseen liittyvät kehittämissuunnitelmat voivat osaltaan kehittää suomalaisten yritysten osaamista toimialalla. Esimerkiksi tiemaksujärjestelmien kehittäminen hyödyntää myös satelliitti-informaatiota ja vähentää tätä kautta päästöjä sekä auttaa tiestön kunnossapitoon liittyvissä asioissa. Liikenne- ja viestintäministeriön näkökulmasta Suomi voisi toimia edelläkävijänä ja eräänlaisena testiympäristönä uudenlaisille järjestelmille. Älyliikenteen kehittämisellä on potentiaalisesti merkittäviä yhteiskunnallisia vaikutuksia. Kuljettajien ajotapaa voidaan seurata ja auttaa heitä kehittämään sitä turvallisempaan ja taloudellisempaan suuntaan. Ennakoiva liikenteen hallinta tuo mukanaan turvallisuutta, vähentää ruuhkia, säästää aikaa ja ympäristöä sekä kehittää liikenteen sujuvuutta. Satelliittipaikannuksella on keskeinen rooli järjestelmän rakentamisessa.

Tulevaisuuden vaikutussuunnista käydyissä keskusteluissa tietoliikennettä ainoastaan sivuttiin. Tietoliikenteen koetaan olevan puhtaasti kaupallista toimintaa, johon julkisten toimijoiden panostuksia ei tarvita. Tietoliikenteen osalta satelliitti-informaatio kilpailee erilaisten maajärjestelmien kanssa.

Kaukokartoitustoiminnan merkitystä korostettiin kahdesta toisiinsa kytköksissä olevasta syystä. Ensinnäkin haastateltavat kuvaavat, kuinka kaukokartoitusaineisto on yksi tapa vastata niihin isoihin haasteisiin, joita tulevaisuudessa liittyy ympäristön ja luonnonvarojen tilan seuraamiseen. Tässä suhteessa haastateltavat tunnistavat keskeisimmäksi aloitteeksi EU:n GMES-ohjelman, jonka hyödyntämistä halutaan olla aktiivisia. Kehittämistyön kautta voi suomalaisillekin toimijoille

syntyä mahdollisuuksia tuottaa myös operatiivisia palveluita. Uudenlaisten palveluiden ohella kaukokartoitustoiminta voi auttaa viranomaisia tuottamaan niille asetettuja tehtäviä laadukkaammin ja edullisemmin. Haastateltavat näkevät kaukokartoitusaineistojen hyödyntämisessä suurta potentiaalia, mikäli käyttäjät saadaan ymmärtämään tuotettujen aineistojen hyödyllisyys. Samalla aineistojen tulee olla laadultaan ja hyödynnettävyydeltään sillä tasolla, että uudenlaisten toimintatapojen rakentamisesta tulee houkuttelevaa.

Kaukokartoitusaineistojen hyödyntäminen ympäristöasioissa nähdään kasvavana alueena ja yleisesti ottaen tiedon määrän uskotaan lisääntyvän. Muutamat vastaajat asettavat kehitykselle kuitenkin ehdoksi sen, että toiminnassa saavutetaan tietty teknologinen taso, jonka jälkeen kaukokartoitustoiminta voi laajeta huomattavasti. Tämän kehityksen ulosmittaaminen edellyttää vastaajien mukaan myös kotimaisia panostuksia ja osallistumista kansainväliseen yhteistyöhön. Toisaalta yksi arvioinnissa kuultu asiantuntija näkee vaihtoehtoisena kehityssuuntana kaukokartoitustoiminnan hiipumisen, mistä seuraa se, että muunmaalaiset palvelutarjoajat tuottavat jatkossa palvelut myös Suomen tarpeisiin.

Lumi- ja jääpeitteestä on kerätty Suomessa mm. pitkiä aikasarjoja, joiden avulla voidaan laskea trendejä ja testata ilmastomalleja. Dataa voidaan hyödyntää myös tulevaisuuden ilmastoskenaarioiden laatimisessa. Lumi- ja jäätilanteen perusteella voidaan rakentaa tulvamalleja, millä on merkittäviä käytännöllisiä sovelluksia mm. riskien välttämisessä ja vesivoiman hyödyntämisessä. Tällä alalla Suomen kuvaillaan olevan myös kilpailukykyinen ESA:ssa. Ymmärrys arktisen alueen tulevaisuudesta vaikuttaa myös siihen, miten yritysten kannattaa tehdä alueelle investointeja tai miten Pohjois-Suomen liikenneinfrastruktuuria tulisi rakentaa kohti jäämerta. Tähän liittyen Tekesiltä peräänkuulutetaan Arktista ohjelmaa, jossa avaruustoiminnalla voisi olla oma roolinsa. Samoin yksittäisiä mahdollisuuksia nähdään Suomen pohjoisen sijainnin hyödyntämisessä liiketoimintamahdollisuuksien tai työpaikkojen luomisen näkökulmasta. Sodankylään perustetun satelliittidatan vastaanottokeskuksen kaltaiset toimijat ovat tästä esimerkkeinä.

Samoin vahvasti soveltamisen kautta on pohdittu myös älyliikenteen kehittämistä liikenne- ja viestintäministeriön erityisenä painotuksena. Haastatteluiden mukaan älyliikenteen avulla voidaan parantaa liikenteen turvallisuutta ja sen hallintaa reaaliaikaisen liikenteen tilannekuvan avulla. Satelliitteja voidaan hyödyntää esimerkiksi tietullien keräämisessä. Vastaavia aloitteita on käynnissä ympäri maailmaa. Osana älyliikennettä ovat myös sää- ja kelipalvelut.

Älyliikennejärjestelmän rakentaminen voi tuottaa myös positiivisia liiketoimintavaikutuksia, kun yritykset pääsevät kehittämään sen vaatimaa tekniikkaa ja palveluita. Samoin liikenteeseen liittyvän datan avaaminen mahdollistaa myös erilaisten palveluiden kehittämisen.

Liiketoimintamahdollisuudet

Pääsääntöisesti haastateltavat uskovat, että paikannuspuolella tulee tapahtumaan kehitystä ja satelliitti-informaation ympärille kehitetään yhä uudenlaisia palveluita, jotka synnyttävät sekä liiketoimintaa että erilaisia hyötyjä niiden käyttäjille.

Yritystoiminnannäkökulmastasuomalaisen avaruustoiminnan rooli paikannuspalveluiden kehittämisessä on ensisijaisesti varmistaa, että kotimainen infrastruktuuri mahdollistaa toiminnan kehittämisen. Tässä suhteessa EU:n Galileo -järjestelmä tarjoaa uusia mahdollisuuksia kehittää paikannukseen liittyviä päätelaitteita ja palveluita.

Avoimeen dataan, sen laatuun ja automatisointiin liittyvän kehittämiskynnyksen ylittäminen voi palvella myös paikannukseen perustuvien sovellusten kehittämistä. Esimerkkinä mainitaan liikenteeseen liittyvät sovellukset, joissa nähdään liiketoimintamahdollisuuksia. Myös datan prosessointi on oleellinen osa avaruustoimintaa ja suomalaisilla on hyvää tietojenkäsittelyyn liittyvää osaamista. Haastateltavat korostavat myös ohjelmisto-osaamisen merkitystä yleisesti avoimen datapolitiikan rinnalla.

Yritystoiminnan potentiaalia kaukokartoituksessa nähdään puolestaan erityisesti metsien inventointiin liittyen. Metsäyhtiöiden toivotaan hyödyntävän satelliittiaineistoja jo mahdollisimman laajasti oman toimintansa ohjaamisessa. Tästä näkökulmasta tärkeintä on kyky yhdistää paikannus- ja kaukokartoitusaineistoja.

Tällä hetkellä kaukokartoitusliiketoiminnan parissa ei toimi kovinkaan montaa suomalaista yritystä. Monet toivovat, että sekä kaukokartoitus- että paikannusinformaation soveltamisen ympärille syntyviä liiketoimintamahdollisuuksia tuettaisiin, sillä sen potentiaaliin uskotaan. Pohdittaessa sitä, mikä voisi avata mahdollisuuksia sekä haastatteluissa että sähköisessä kyselyssä nostetaan esille avoin datapolitiikka. Haastateltavat uskovat, että materiaaleja tulee olemaan yhä enemmän

saatavilla ja selvästi halvemmalle kuin aikaisemmin. Tätä kautta informaatiolle syntyy myös uusia käyttötapoja. Soveltamiskohteet tulevat myös kehittymään, mistä eräs haastateltava antaa esimerkkinä maan routaantumisen kuvaaminen, jota voidaan hyödyntää metsien kantavuuden arvioimisessa.

Kaukokartoitukseen liittyen osa haastateltavista toi vahvasti esiin arktisten alueiden merkityksen kasvuun liittyviä mahdollisuuksia. Suomella onkin todettu olevan osaamista lumeen ja jään ominaisuuksien havainnointiin liittyen. Esimerkiksi laivaliikenteen lisääntyessä arktisilla alueilla tarvitaan entistä parempaa tietoa jääolosuhteista ja niiden kehityksestä. Näiden turvallisuuspalveluiden tuominen alueelle on yksi mahdollisuus kehittää operatiivisia palveluita. Ymmärrys alueen kehityksestä auttaa myös eri kotimaisia toimijoita suunnittelemaan investointejaan, kuten esimerkiksi pohjoista liikenneinfrastruktuuria. Haastateltavat näkevät Norjan ja Venäjän suuret investoinnit alueelle uhkana, johon suomalaisten toimijoiden tulisi osaltaan pystyä vastaamaan.

Monet haastateltavat nostavat lumeen ja jääpeitteeseen liittyvän osaamisen yhdeksi suomalaisen avaruustoiminnan ehdottomaksi vahvuudeksi. Arktisen jääpeitteen oheneminen uskotaan avaavan mahdollisuuksia myös laajemmalle liiketoiminnalle liittyen jääpeitteen havainnointiin. Lisäksi haastatteluissa nostetaan esille myös Suomen otsonitutkimukseen liittyvä osaaminen, jolla voi tulevaisuudessa olla kysyntää. Samoin luonnonvarojen yhä paremman ja ajantasaisemman tuntemuksen merkitys korostuu maailmassa, jossa resurssit niukkenevat.

Satelliitti-informaation vapautumisen tuomat mahdollisuudet

Avoimen datapolitiikan kysymykset nähdään tärkeinä sekä viranomaistoimijoiden että mahdollisen yritystoiminnan synnyttämisen näkökulmasta. Maa- ja metsätalousministeriön sekä ympäristöministeriön näkökulmasta haastateltavat uskovat, että kaukokartoitustoiminnan ympärille voi syntyä yritystoimintaa. Tähän pyritään ennen kaikkea mahdollistamalla satelliittiaineiston vapaa satavuus. Samanlainen ajattelu voidaan liittää myös liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalaan.

Satelliitti-informaation jakaminen ilmaiseksi perustuu ajatukseen tiedon ympärille kehitettävistä sovellutuksista ja niiden synnyttämästä liiketoiminnasta sekä positiivisista sosioekonomisista vaikutuksista. Useat eri haastateltavat nostivat esiin vapaaseen dataan liittyviä pyrkimyksiä omassa organisaatiossaan. Monet haastateltavista myös uskovat suomalaisen avaruustoiminnan olevan vaikuttavimmillaan informaation soveltamiseen liittyen.

Julkisten toimijoiden osalta kyse ei ole vain tiedon jakamisesta, vaan myös informaation muokkaamisesta helpommin hyödynnettävään muotoon sekä jakamista helpottavien rajapintojen rakentamisesta. Vapaan datan toivotaan synnyttävän esimerkiksi kaukokartoitus- ja paikannusaineistoihin perustuvaa liiketoimintaa.

Vapautuvat aineistot edellyttävät myös panostuksia esimerkiksi tietojenhallintaan. Suomessa on esitetty kansallisen satelliittidata-arkiston perustamista. Tämän avulla tärkeä informaatio saadaan tallennettua, muokattua ja jaettua niin, että työ toteutetaan suomalaisten toimijoiden yhteisin voimin. Samoin avoin datapolitiikka edellyttää sitä, että organisaatiolle mahdollisesti koituvia tulon menetyksiä kompensoitaisiin tai että organisaatiot sopeuttaisivat toimintaansa vastaavasti. Tiedon jakeluun liittyen haastateltavat nostivat myös esille, etteivät kaikki loppukäyttäjät, kuten tutkijat, välttämättä tunne aineistoja ja näe niiden hyödyllisyyttä. Näin ollen aukko tiedontuottajien ja loppukäyttäjien välillä tulisi saada kurottua umpeen. Haastateltavat nostivat esiin, että vasta riittävä tarjonta voi luoda kysyntää. Kaukokartoitusaineistojen soveltamiseen liittyen voidaan kokonaisuudessaan puhua eräänlaisesta asenteellisesta, teknisestä ja tarjontaa liittyvästä kynnyksestä, jonka ylittämisen nähdään lisäävän toiminnan vaikuttavuutta huomattavasti. Sähköisessä kyselyssä eräs vastaaja kuvaa haastetta toteamalla, että ennen kuin panostukset toimintaan nostetaan tarpeeksi korkealle tasolle, on toiminta osittain tehotonta.

Liite 3. Avaruustoiminnan kansainvälinen toimintaympäristö

Tässä liitteessä kuvataan arvioinnin aikana toteutettuun dokumenttianalyysiin perustuva kuvaus avaruustoiminnan kansainvälisestä kehityksestä sekä suomalaisesta avaruustoiminnasta kansainvälisen vertailun näkökulmasta.

Avaruustoiminnan kansainvälinen kehitys

Avaruustoiminnan kansainvälistä kehitystä ovat 2000-luvulla hallinneet seuraavat kolme trendiä:

- Avaruustoiminnan sovellusten yleistyminen niin yritysten, yksityishenkilöiden kuin julkisen sektorin toiminnassa (avaruustoiminnan sovellusalan laajentuminen)
- Avaruustoiminnan kansainvälistyminen ja uusien avaruustoimijoiden nousu
- Avaruustoiminnan merkityksen kasvu strategisesti, siviiliturvallisuudessa ja puolustussektorilla.

Lisäksi avaruustoiminnan kehityksen tarkastelussa on syytä huomioida yleinen talouskehitys viime vuosina. Tämä ei tietenkään ole yksinomaan avaruustoimintaa leimaava kehityskulku, mutta sen vaikutukset kohdistuvat myös avaruussektorille. Oikeastaan avaruustoiminta on jopa poikennut tästä trendistä siinä suhteessa, että talouden taantuma ei ole vaikuttanut avaruussektoriin kovinkaan voimakkaasti, minkä arvellaan johtuvan avaruustoiminnan strategisen merkityksen kasvusta. Toiminnalla on selkeä turvallisuuspoliittinen kytkentä ja lisäksi avaruuteen liittyvä osaaminen ja kyvykkyys ovat arvovalta- ja imagokysymyksiä suurille maille.

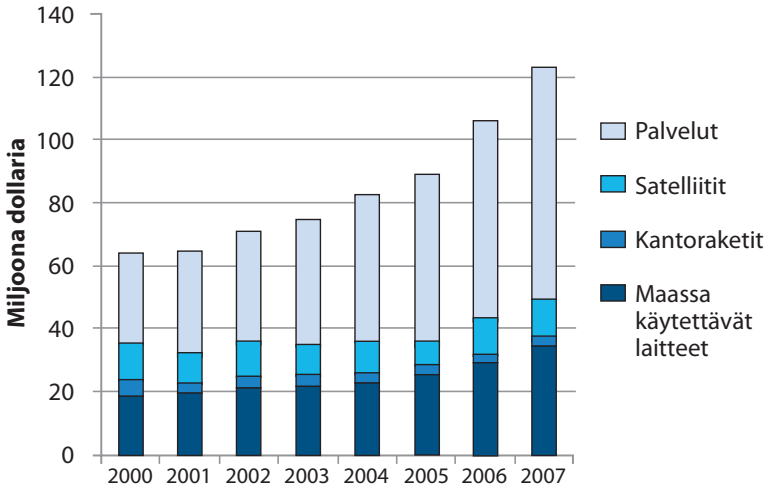
Kasvaneesta strategisesta merkityksestä huolimatta, julkisen talouden säästöpaineiden vuoksi myös avaruustoiminta joutuu tulevaisuudessa perustelemaan tarpeellisuuttaan ja julkisella rahoituksella aikaansaatuja vaikutuksia niin päättäjille kuin suuremmallekin yleisölle. Perinteisesti avaruustoiminta on nähty riskisijoituksena, minkä vuoksi nykyisessä taloustilanteessa rahoituksen saaminen avaruusprojekteihin voi vaikeutua.

Avaruustoiminnan sovellusalan laajentuminen

Avaruustoiminnan sovellusten merkitys on kasvanut kaikilla yhteiskunnan aloilla. Satelliittipalveluita ja niihin perustuvia paikkatieto- ja kaukokartoituspalveluita hyödynnetään esimerkiksi luonnonkatastrofien ja ilmastonmuutoksen seurausten tarkkailussa sekä etsintä- ja pelastusmekanismien kehittämisessä. Myös maatalouden, ympäristön, liikenteen, televiestinnän ja kaikenlaisen yhdyskuntasuunnittelun aloilla avaruustoiminnan sovelluksia käytetään entistä enemmän. Myös yksityishenkilöille ja yrityksille kaupattavien palveluiden (esim. navigointi- ja karttapalvelut, mobiilipalvelut) markkinoiden uskotaan kasvavan voimakkaasti lähivuosina.

Tulevaisuudessa sovellusmahdollisuuksia nähdään entistä enemmän myös turvallisuus-, energia-, terveys- ja liikennesektoreilla. Esimerkiksi energiayhtiöt voivat saada satelliittien avulla tietoa, joka helpottaa energiaverkkojen ylläpitoa, kun taas etälääketieteen avulla lääkäripalveluita voidaan tarjota paikkoihin, joihin muuten ei päästä tai joihin kustannussyistä voi muuten olla vaikea tarjota palveluita. Satelliittien rakentamisen ja hyödyntämisen markkinat ovat niin ikään kasvussa ja seuraavan kymmenen vuoden aikana odotetaan yli 960 satelliittia laukaistavan radalleen. Viimeisten vuosien aikana avaruustoiminnan merkitys niin kansainvälisesti kuin kansallisestikin on ollut kasvussa ja toiminnan kenttä on muuttunut. Kansainvälinen avaruustoiminta elää muutosvaihetta nyt, kun painopiste siirtyy tieteellisestä tutkimuksesta uusiin sovelluksiin, esim. satelliittien hyödyntämiseen yhteiskunnan palveluissa ja kaupallisissa sovelluksissa. Tätä kehitystrendiä kuvaa oheinen kuva 1 avaruustoiminnan liiketoiminnan kehityksestä.

Kuva 1. Avaruustoiminnan liiketoiminnan maailmanlaajuinen kehitys vuosina 2000-2007. Lähde: Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.



Avaruustoiminnan kansainvälistyminen

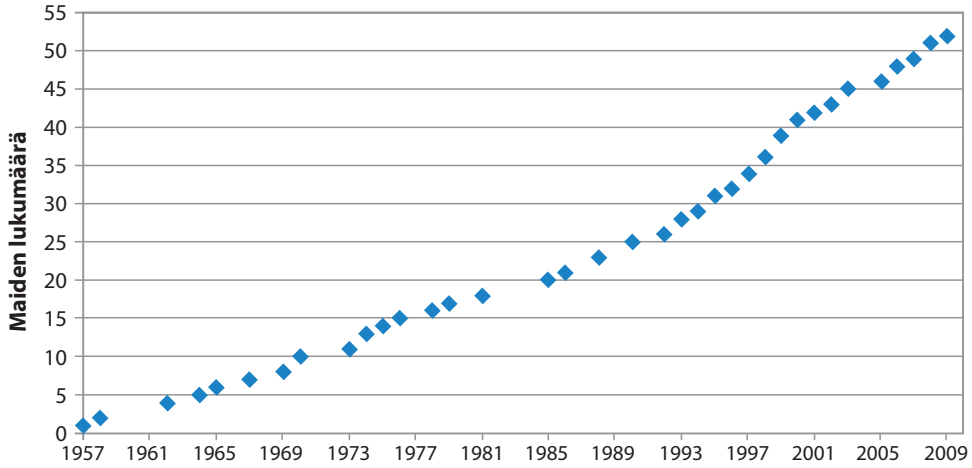
Kansainvälisten markkinoiden muutoksen myötä myös avaruustoiminnan perinteinen *status quo* on ollut 2000-luvulla muutoksessa. Tämä näkyy mm. BRIC-maiden (Brasilia, Venäjä, Intia ja Kiina) nousuna keskeisiksi avaruustoimijoiksi. Venäjän, Kiinan ja Intian julkisen panostuksen lisääntymisen – samoin kuin uusien kehittyvien avaruusmaiden kasvavan roolin – arvioidaan luovan uusia markkinoita ja lisäävän kilpailua markkinoilla.

Konkreettisena osoituksena tästä muutoksesta on kuva 2 satelliitin laukaisseiden maiden lukumäärästä. Tällä hetkellä jo yli 50 maata on laukaissut oman satelliitin ja maiden lukumäärän odotetaan kasvavan vähintään yhtä voimakkaasti tulevina vuosina. Myös suorat ulkomaiset investoinnit avaruustoimintaan ovat lisääntyneet selvästi ja ne ovat myös kohdentuneet entistä useampaan maahan. Suurimpana toimijana tässä on ollut Kiina.

Myös eurooppalaisessa avaruustoiminnan toimijakentässä on tapahtunut viime aikoina muutoksia Euroopan Unionin (komission) roolin vahvistuessa suurten projektien (GALILEO, GMES) myötä. ESAn ja EU:n komission välinen yhteistyö on projektien myötä tiivistynyt, mutta tällä hetkellä ei ole vielä selkeää kuvaa siitä, millaiseksi toimijoiden roolit ja yhteistyö kehittyvät tulevaisuudessa.

Toisaalta samaan aikaan avaruustoiminta ja suuret kansainväliset avaruusprojektit edellyttävät tiiviimpää

Kuva 2. Satelliitin laukaisseiden maiden lukumäärä. Lähde: The Space Economy at a Glance 2011. OECD (2011).



kansainvälistä yhteistyötä vähintään alueellisella tasolla. Varsinkin pienempien avaruustoimijoiden ainoa mahdollisuus osallistua avaruustoimintaan on tiivis kansainvälinen yhteistyö.

Avaruustoiminnan kansainvälistyminen näkyy myös yksityisellä sektorilla, kun avaruusohjelmissa on mukana yhä useampi pienempi yritys yhä useammasta maasta.

Avaruustoiminnan kansainvälistymisen – ja toisaalta sen strategisen merkityksen lisääntymisen – myötä myös avaruustoimintaa säätelevä lainsäädäntö niin kansallisella tasolla kuin maiden välisissä sopimuksissakin on lisääntynyt. Merkittävää on, viimeisen noin kymmenen vuoden aikana lainsäädännön lisääntyminen on tapahtunut oikeastaan yksinomaan kansallisella tasolla.[1]

Kansainvälistymiskehitys pätee paitsi julkisen rahoituksen ja liiketoiminnan kohdalla, myös osaamisen kehittymisen näkökulmasta tarkasteltuna. Esimerkiksi BRIC-maiden kasvavat panostukset avaruustoimintaan – yhdistettynä demografisiin tekijöihin – on johtanut yhä enenevässä määrin avaruustoiminnan osaamisen kansainvälistymiseen ja osaamiskeskittymien siirtymiseen uusiin maihin. Myös työvoiman liikkuvuus kansallisten rajojen yli on lisääntynyt.

Strateginen merkitys ja turvallisuus

Avaruustoiminnan yhteiskunnallisen merkityksen ja sovellusmahdollisuuksien lisääntyessä, kasvaa myös avaruustoiminnan (ja sitä kautta saatavan tiedon) strateginen merkitys. Sen seurauksena kansainvälinen avaruustoiminta on tilanteessa, jossa kansalliset intressit esimerkiksi yhteiskunnan toiminnan kannalta keskeisten tietojen turvaamiseksi tulee sovittaa yhteen entistä kansainvälisemmän ja kansalliset rajat ylittävää yhteistyötä edellyttävän toimintaympäristön kanssa. Tästä osoituksena on myös paitsi edellä kuvattu uusien toimijoiden mukaantulo, mutta myös muiden toimijoiden entistä kunnianhimoisemmat panostukset kansallisiin avaruusohjelmiin.

Sotilaallisen avaruustoiminnan osuus julkisesta rahoituksesta on monissa maissa hyvinkin suuri (Yhdysvalloissa noin 59 prosenttia). Avaruustoiminnan strategisen merkityksen korostuessa tämän osuuden ei odoteta laskevan, päinvastoin, satelliittijärjestelmät ja niiden tarjoama tieto nähdään sotilaallisen toimintakyvyn kannalta keskeisinä. Koska sotilaallinen avaruustoiminta on tiukasti kansalliseen sääntelyyn kytköksissä, on yhteistyö sillä saralla edennyt Euroopassa hitaammin. Myös tulevaisuudessa Euroopan turvallisuusyhteistyön odotetaan perustuvan ennemmin kahdenvälisiin sopimuksiin kuin koko EU:n kattaviin järjestelyihin. Tosin EU ja European Defence Agency (EDA) ovat tehneet entistä tiiviimpää yhteistyötä kaksikäyttölaitteiden ja -sovellusten kehittämisessä, mistä esimerkkinä European Space Situational Awareness (SSA) -järjestelmä.

Myös siviiliturvallisuuden osalta avaruustoiminnan merkitys on kasvanut. Satelliittijärjestelmät ovat avainasemassa esimerkiksi luonnonkatastrofien hallinnassa tai ilmastonmuutosten seurausten arvioinnissa. Myös luonnonvarojen kartoituksessa ja tehokkaammassa käytössä sekä infrastruktuuri- ja logistiikkajärjestelmissä satelliittiteknologia on avainasemassa, mikä luonnollisesti lisää avaruustoiminnan strategista merkitystä.

Suomen julkisen sektorin avaruustoiminta kansainvälisessä vertailussa

Julkisen sektorin panostusten jakautuminen kansainvälisesti

Maailmanlaajuisesti avaruustoimintaan kohdistuva julkinen rahoitus oli arvioiden mukaan vuonna 2009 yhteensä 68 miljardia yhdysvaltain dollaria, josta siviilipuolen toimintaan menee noin 53 % ja puolustussektorin toimintaan noin 47 %.[2]

Ylivoimaisesti suurin avaruustoiminnan julkinen rahoittaja on Yhdysvallat. Vuonna 2009 se käytti avaruustoimintaan yhteensä 48,8 miljardia dollaria, mikä on noin 72 % kaikesta avaruustoiminnan julkisesta rahoituksesta. Yhdysvaltojen budjetista 59 % käytettiin puolustussektorin avaruustoimintaan, mikä puolestaan on noin 90 % kaikesta puolustussektorille suunnatusta avaruustoiminnan rahoituksesta maailmanlaajuisesti.[3]

Toiseksi suurin julkinen rahoittaja oli ESA jäsenmaidensa kautta. ESAn jonka budjetti vuodelle 2009 oli 4,8 miljardia dollaria eli vain kymmenesosa Yhdysvaltojen käyttämästä summasta. Yksittäisistä valtioista suurimmat avaruustoimintaa rahoittavat toimijat Yhdysvaltojen jälkeen olivat Japani (3 miljardia

1 The Space Economy at a Glance 2011. OECD (2011).
2 Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.
3 Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.

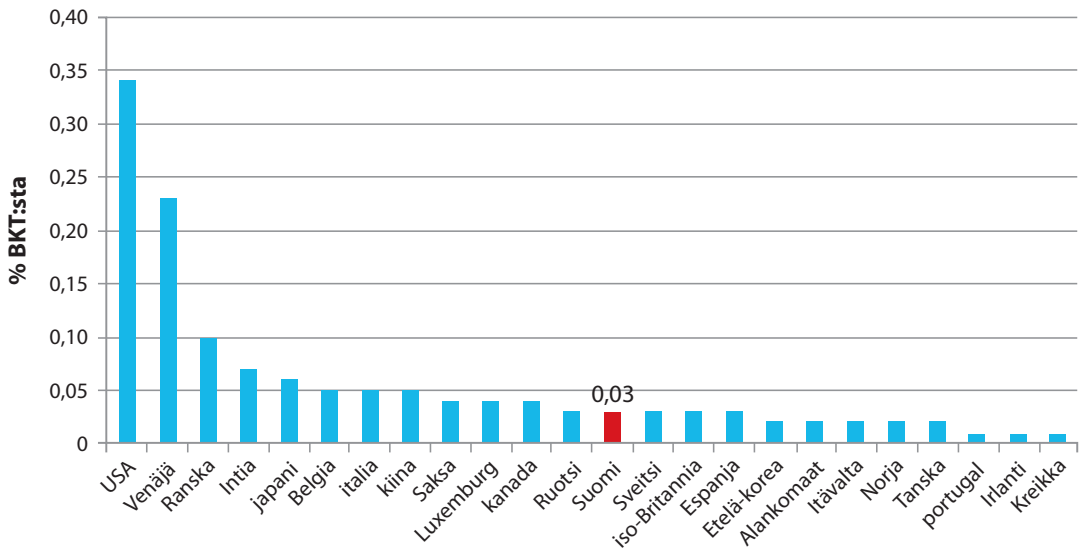
dollaria), Venäjä (2,8), Ranska (2,8), Kiina (2,2), Saksa (1,4) ja Italia (0,9). Euroopassa Ranska, Saksa ja Italia muodostavat yhdessä yli kolme neljäsosaa julkisen avaruustoiminnan rahoituksesta. Venäjän osalta huomionarvoista on se, että sen rahoitus vuonna 2009 lähes kaksinkertaistui edellisvuoteen verrattuna. [4]

Vertailukelpoisemman kuvan julkisen rahoituksen mittakaavasta saadaan suhteuttamalla se bruttokansantuotteeseen. Näinkin laskettuna Yhdysvallat on edelleen selvästi suurin rahoittaja (osuus BKT:sta 0,34 %). Seuraaville sijoille sijoittuvat Venäjä (0,23 %), Ranska (0,10 %) ja Intia (0,07 %). Suurin osa Euroopan maista käyttää avaruustoiminnan rahoitukseen 0,0 0,06 % BKT:sta. Suomen osuus vuonna 2009 oli 0,03 %.[5]

Euroopan avaruuspolitiikan pääasiallinen rahoittaja on Euroopan komissio. Vuosille 2007–2013 komissio merkitsi avaruustoiminnan rahoitukselle 2,6 miljardia euroa. Siitä noin miljardi varattiin Galileo-ohjelmalle, jolle osoitettiin myös lisärahoitusta 2,4 miljardia euroa 2007 joulukuussa. Lisäksi EU:n jäsenmaat investoivat vuosittain hieman alle 3 miljardia euroa ESAn toimintaan ja suunnilleen saman verran kansallisiin ohjelmiin yhteensä. Eurooppalaisen avaruuspolitiikan rooli ja tavoitteet on määritelty EU:n jäsenmaiden, Euroopan komission ja ESAn yhteistyönä Euroopan avaruuspolitiikan linjauksissa (European Space Policy, ESP).[6]

Komission avaruustoiminnan rahoituksesta (2007–2013) 1,43 miljardia euroa varattiin 7. puiteohjelman avaruusosuuden rahoitukseen. Tästä suurin osa (arviolta noin 85 %) kanavoidaan erilaisiin tutkimusprojekteihin, jotka liittyvät avaruusperusteisiin sovelluksiin – tarkoittaen käytännössä EU:n GMES-ohjelmaa. Loppuosa rahoituksesta käytettään avaruusjärjestöjen toiminnan ja yhteistyön vahvistamiseen. Kuudennessa puiteohjelmassa (2002–2006) avaruustoiminnan rahoituksen osuus oli selvästi pienempi (235 miljoonaa euroa). Se jakautui pääosin Galileo- ja GMES-ohjelmiin (molempiin noin 100 M€) sekä SatCom-teknologian edistämiseen (35M€).[7]

Kuva 3. Avaruustoiminnan julkinen rahoitus suhtessa BKT:een eri maissa. Tiedot vuodelta 2009.
Lähde: Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010. ESPI-report.



[4] Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.
[5] Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010.
[6] http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/esp/index_en.htm
[7] http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/esp/index_en.htm; http://www.tekes.fi/eu/fi/community/Aihealueet/872/Avaruus/1884

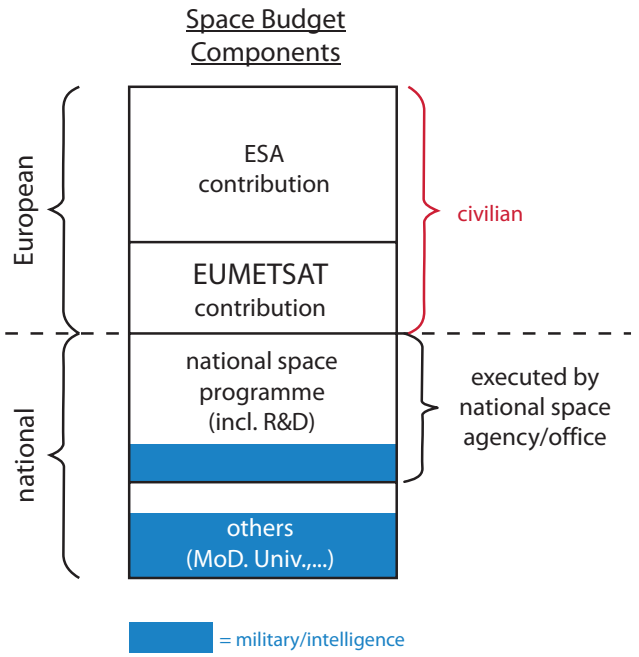
European Space Policy Institute (ESPI) on kuvannut julkisen avaruustoiminnan rahoituksen jakautumista kuvan 4 mukaisesti.

ESPI:n kaavio perustuu jakoon Eurooppalaiseen ja kansalliseen avaruustoimintaan. Eurooppalaiseen toimintaan katsotaan kuuluvan ESAn ja EUMETSAT:n puitteissa tapahtuva toiminta. Kansalliseen toimintaan luetaan kansallisen viranomaisen (Suomessa Tekes) koordinoimat ja rahoittamat ohjelmat (ml. TKI-toiminta) sekä mm. yliopistojen avaruustoiminta. Kansallisesta toiminnasta osa on siviili- ja osa sotilaallista avaruustoimintaa.

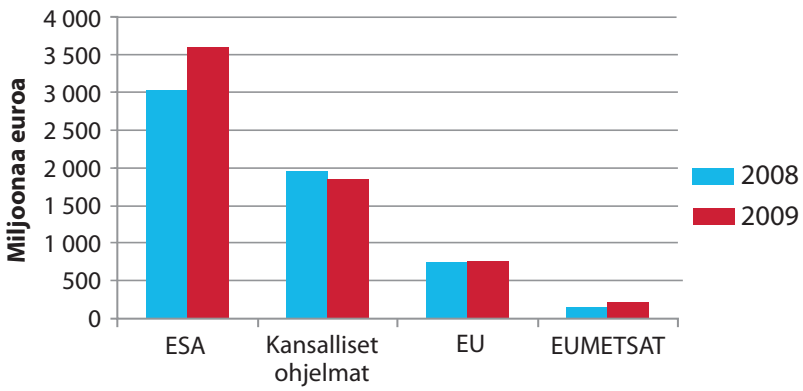
Tarkasteltaessa eri Euroopan maiden avaruustoiminnan julkisen rahoituksen jakautumista havaitaan, että suurin osa ESAn jäsenmaiden rahoituksesta kohdistuu nimenomaan ESAn toimintaan. Toiseksi suurin osuus kohdistuu kansallisiin tutkimus- ja tuotekehitysohjelmiin. Muut osuudet kohdistuu EU:n avaruustoimintaan ja EUMETSAT:n toimintaan.

Yksittäisten ESA-jäsenmaiden kohdalla on kuitenkin suuria eroja siinä, kuinka suuri osuus avaruustoiminnan rahoituksesta kohdistuu ESAn toimintaan. ESPI:n arvioin mukaan Suomessa muuhun kuin ESA-toimintaan käytettävä osuus (noin 30 miljoonaa euroa) ESAn jäsenmaista toiseksi korkein (n. 60 %) ja selvästi enemmän kuin monella muulla maalla.[8] Arvioinnin yhteydessä järjestetyssä työpajassa kuvassa 6 esitettyjen lukujen paikkansapitävyys kyseenalaistettiin voimakkaasti. Suomen osuus ESAn budjetista oli noin 0,6 %, kun sen bruttokansantuotteeseen suhteutettuna tulisi olla 1,4 %.[9]

Kuva 4. Avaruustoiminnan panostusten jakautuminen. Lähde: Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010. ESPI-report

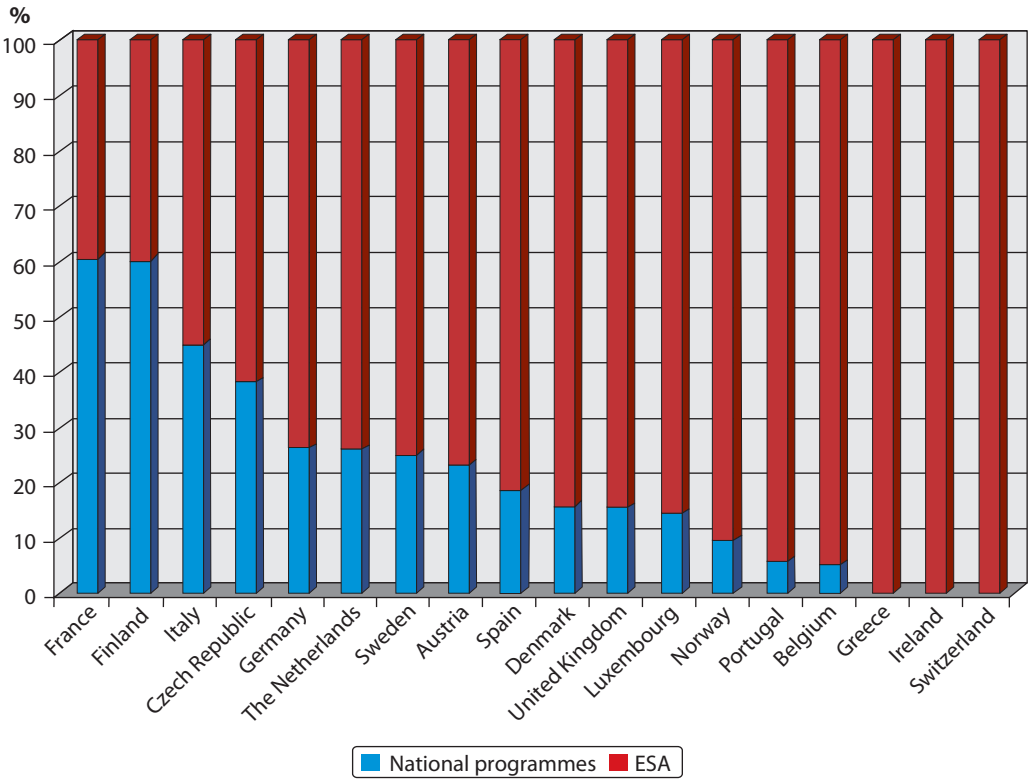


Kuva 5. Arvio Euroopan avaruustoiminnan julkisen rahoituksen jakautumisesta 2008–2009. Lähde: Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010. ESPI-report



[8] Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010. ESPI-report.
[9] Kansallinen avaruusstrategia 2009–2011, 18.

Kuva 6. Kansallisten ohjelmien ja ESA:n toimintaan kohdistuvan rahoituksen osuus ESA:n jäsenmaissa.
Lähde: Space Policies, Issues and Trends in 2009/2010. ESPI-report



Ruotsin avaruustoiminta

Ruotsin avaruustoiminnan keskeisin toimija on vuonna 1972 perustettu Ruotsin avaruushallinto (Rymdstyrelse). Sen tehtävänä on edistää ruotsalaista avaruustoimintaa ja -tutkimusta siten, että ne tukevat ruotsalaista tietoyhteiskuntaa sekä tuottavat lisäarvoa mm. kuljetus- ja tietoliikenne- ja ympäristö- ja ilmastopolitiikkaan. Lisäksi tavoitteena on tukea teollisuuden innovaatio- ja kilpailukykyä. Avaruushallinto edustaa myös Ruotsia kansainvälisissä avaruusjärjestöissä (tärkeimpänä ESA). Avaruushallinto on myös tärkeä tutkimus- ja teknologiakehityksen rahoittaja sekä avaruustoiminnan keskeisten "työkalujen" kehittäjä ja ylläpitäjä. [10]

Avaruushallintoa rahoitetaan ja ohjataan pääosin Ruotsin elinkeinoministeriön (näringsdepartementet) kautta. Tutkimushankkeisiinsa avaruushallinto saa rahoitusta myös opetusministeriöltä (utbildningdepartementet). Rahoitus jakautuu toimintamäärätahoihin sekä hallintomäärärahoihin. [11]

Toimintamäärärahat ovat pitkällä aikavälillä tarkasteltuna olleet laskusuunnassa, mutta vuosina 2005–2007 ja 2009–2010 rahoitus lisääntyi Ariadne-ohjelmaan osallistumisen myötä. Vuonna 2010 toimintamäärärahat olivat kokonaisuudessaan noin 100 miljoonaa euroa. Tästä elinkeinoministeriön osuus oli noin kolme neljäsosaa ja opetusministeriön myöntämä tutkimusrahoitus noin yksi neljäsosa. [12]

Toimintamäärärahat jakautuvat hyvin samalla tavalla kuin suomalainen

[10] Rymdstyrelsens strategi med fokus på 2011–2015. Rymdstyrelsen.
[11] Rymdstyrelsens strategi med fokus på 2011–2015. Rymdstyrelsen.
[12] Rymdstyrelsens strategi med fokus på 2011–2015. Rymdstyrelsen.

avaruustoiminnan rahoitus. Tärkeimmät rahoituskohteet ovat ESAn ohjelmatoimintaan osallistuminen, kansallinen tutkimusohjelma sekä Esrangen toiminta. Elinkeinoministeriön rahoitus käytetään pääosin tarveperusteiseen teknologiakehitykseen, jossa pääfokuksena ovat avaruustekniikan sovellukset, kantoraketit ja satelliitit sekä kaukokartoitustoiminnan sovellukset. Sekä avaruudessa tapahtuvat tutkimus että avaruustiede rahoitetaan puolestaan noin 85 prosenttisesti opetusministeriön kautta (loput 15 prosenttia elinkeinoministeriön kautta). ESAn toimintaan osallistuminen kattaa noin 65 prosenttia avaruushallinnon kokonaismenoista. Lisäksi suurin osa kansallisesta tutkimuksesta on ESAn ohjelmatoimintaa täydentävää. Hallintomenot ovat sitä vastoin kasvaneet viime vuosina melko tasaisesti. Vuonna 2010 hallintomenot olivat noin 2,8 miljoonaa euroa. Vakituisia työntekijöitä avaruushallituksessa oli 16 vuonna 2010.[13]

Avaruushallitus on keskeinen toimija myös ruotsalaisen avaruusteollisuuden kannalta, sillä se rahoittaa valtion kokonaan omistaman Swedish Space Corporationin (SSC) toimintaa. Esrangen yhteydessä toimiva SSC valmistaa satelliittiteknologiaa sekä erilaisia satelliiteissa käytettäviä sovelluksia. Sen liikevaihto vuonna 2010 oli noin 934 ruotsin kruunua eli noin 105 miljoonaa euroa.[14]

EUMETSAT:n jäsenyys ja sen toimintaan osallistuminen on organisoitu ympäristöministeriön alaisen Ruotsin ilmatieteenlaitoksen (The Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SMHI) kautta.[15]

Ruotsin avaruustoiminnan neljä toiminta-aluetta ovat:[16]

- tutkimus avaruudessa ja avaruudesta (forskning i och om rymden)
- maapallon tutkimus (forskning om jorden) eli kaukokartoitus
- avaruustekniikan arkipäivän sovellukset
- pääsy avaruuteen (tillträdet till rymden).

Avaruustoiminnan toiminta-alueet on Ruotsissa luokiteltu hyvin samaan tapaan kuin Suomessa, joskin pienillä painotuseroilla. Toiminta-alue A vastaa pääpiirteissään suomalaista avaruustiedettä ja B suomalaista kaukokartoitustoimintaa. Avaruustekniikan arkipäivän sovellukset vastaa puolestaan sisällöltään suomalaista avaruusteollisuutta, sisältäen mm. navigointi-, kommunikaatio- ja kaukokartoitussovellukset ja -palvelut.

Suurin ero Suomen ja Ruotsin avaruustoiminnassa on Ruotsin "pääsy avaruuteen" -toiminta-alue, joka pitää sisällään kantorakettien valmistuksen sekä erityisesti Esrange-rakettilaukaisukeskus (*European Space and Sounding Rocket Range*). Suomessa tämän rakettilaukaisutoimintaa ei ole lainkaan.

Norjan avaruustoiminta

Norjan keskeisin avaruustoiminnan toimija on Norsk Romsenter (Norwegian Space Centre, NSC), joka perustettiinu 1987 koordinoimaan Norjan ESA-suhteita. NSC:n tehtävänä on edustaa Norjaa kansainvälisesti sekä ESA:ssa että tärkeimmissä EU-ohjelmissa (Galileo, GMES, 7. puiteohjelma). Tehtävänä on myös palvella sekä Norjan viranomaistarpeita että hallituksen teollisuuspolitiikkaa ja avaruusteollisuuden alan kasvua. Henkilökuntaa NSC:ssä on 33. NSC myös johtaa Norjan kansallisen pitkän tähtäimen avaruustoiminnan strategian laatimistyötä.[17]

Hallinnollisesti NSC kuuluu kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuuteen ja myös NSC:n rahoitus on peräisin ko. ministeriöltä. Vuodelle 2011 NSC:n budjetti oli noin 88 miljoonaa euroa. Tästä ESA-toiminnan osuus oli 69 prosenttia, Galileo-toiminnan osuus 16 prosenttia, kansallisten avaruusohjelmien osuus 8 prosenttia, NSC:n hallinto 6 prosenttia ja Kanadan kanssa yhteistyössä toteutettavan Radarsat-satelliittiprojektin osuus 1 prosentti. EUMETSAT:n jäsenyys ja sen puitteissa tapahtuva toimintaa on organisoitu Norjan ilmatieteen laitoksen kautta (Norwegian Meteorological Institute).[18]

---

13 Rymdstyrelsens strategi med fokus på 2011–2015. Rymdstyrelsen.

14 www.ssc.se

15 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.

16 Rymdstyrelsens strategi med fokus på 2011–2015. Rymdstyrelsen.

17 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.

18 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.

Avaruustutkimuksen kannalta keskeisin toimija on Norwegian Research Council, joka vastaa avaruustutkimuksen priorisoinnista arvioinnista ja rahoituksen ohjaamisesta. Kansallisen tason tutkimus- ja kehitystoimintaa koordinoidaan kansallisen avaruustoiminnan tukiohjelman (National Space Support Programme) kautta. Ohjelmaa sisältää erityisesti laitteiden ja infrastruktuurin kehitystä sekä koulutusta. Sen budjetti vuodelle 2011 oli noin 6 miljoonaa euroa.[19]

Tärkeä osa norjalaista avaruustoimintaa on myös Pohjois-Norjassa sijaitseva ja jo1960-luvulla perustettu Andøya Rocket Range (ARR) -raketinlaukaisukeskus, jossa sijaitsee myös useita maanpäällisiä tutkimuslaitteita. Keskuksen asiakkaita ovat mm. ESA, Yhdysvaltain avaruushallinto NASA ja Japanin avaruushallinto JAXA. ARR:n omistaa 90 prosenttisesti Norjan kauppa- ja teollisuusministeriö ja 10 prosenttisesti Kongsberg Defence Systems -yhtiö.

1970–80-luvuilta lähtien norjalaisen avaruustoiminnan keskeisiä sovellusalueita ovat olleet merenkulkuun ja muuhun merelliseen toimintaan liittyvät alueet kuten laivaliikenne, öljynporaus ja kalastus, joista kaikissa on hyödynnetty mm. satelliittitietoliikennettä ja navigointijärjestelmiä. Norja laukaisi vuonna 2010 myös oman satelliitin (Automatic Identification System Satellite, AISSat-1), jonka tehtävän on erityisesti edistää edellä mainittuja merellisen toiminnan alueita.[20]

Myös Norjan avaruussektorin merkitys perustuu "ketterään" kansainväliseen yhteistyöhön, jossa ESAn rooli on keskeinen. Norjalla on kuitenkin paljon myös bilateraalia yhteistyötä avaruustoimintaan liittyen, mm. Kanadan, Ranskan, USA:n ja Japanin kanssa. Viime vuosina, etenkin Galileon ja GMES:n myötä, myös EU:n rooli Norjan avaruustoiminnassa on korostunut.[21]

Kansainvälisen vertailun yhteenveto ja keskeiset havainnot

Kansainvälisen vertailun perusteella Suomen julkinen rahoitus avaruustoimintaan on kokonaisvolyymiltään ja maan talouden kokoon suhteutettuna ylempää keskitasoa Euroopan maiden keskinäisessä vertailussa. Luvut ovat kuitenkin arvioita ja lisäksi avaruustoiminnan määrittely voi vaihdella hyvinkin paljon eri maissa. Toisin sanoen tällä hetkellä ei ole olemassa selkeää standardisoitua mittaria tai indeksiä, jonka avulla eri maiden julkisen rahoituksen määrää voitaisiin luotettavista vertailla. Tästä osoituksena on myös suomalaisten rahoitustietojen keruuseen liittyneet määrittelykysymykset sekä hallinnonalojen yhtenäisten seurantatietojen puute. Kansainvälisissä julkaisuissa esitettyjen rahoitusbudjettien perusteella Suomen kansallisen rahoituksen osuus avaruustoiminnan kokonaisrahoituksesta on Ranskan ohella selvästi EU-maiden korkeimpia eli noin 60 prosenttia.

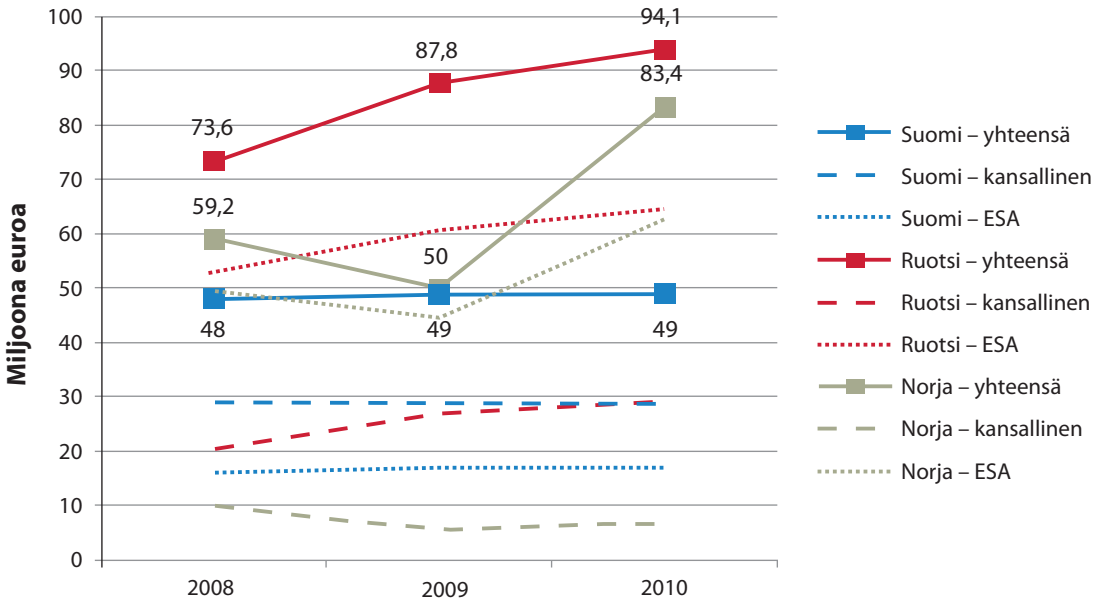
Ruotsiin ja Norjaan verrattuna Suomen avaruustoiminnan volyymi on selvästi pienempi, joskin BKT:een suhteutettuna Suomen osuus (0,03 %) on vain hieman Ruotsia ja pienempi ja suurempi kuin Norjalla. Kansallisen (muun kuin ESA-toiminnan) avaruustoiminnan rahoitus (noin 30 miljoonaa euroa) on volyymiltään Suomessa samalla tasolla Ruotsin kanssa ja selvästi Norjaa suurempi. Huomattavaa on myös se, että Ruotsin ja Norjan avaruustoiminnan rahoitus on vaihdellut vuosittain huomattavasti, kun taas Suomen osuus on pysynyt viimeisten vuosien aikana samalla tasolla.

Avaruustoiminnan ja sen rahoituksen organisoinnin näkökulmasta Suomen malli eroaa huomattavasti Norjan ja Ruotsin malleista. Sekä Ruotsissa ja Norjassa on kummallakin oma "avaruushallinto", jonka alle maiden avaruustoiminta on organisoitu kokonaisuudessaan. Näin ollen myös avaruustoiminnan rahoitus on Ruotsissa ja Norjassa keskitetty maiden avaruushallinnoille. Merkittävä ero Suomen sekä Ruotsin ja Norjan välillä on myös se, että Suomessa avaruustoiminnaksi katsottua toimintaa rahoittaa monta ministeriöitä, joista osa avaruustoiminnan volyymiin nähden hyvinkin pienillä summilla. Ruotsissa avaruustoimintaa rahoittaa elinkeinoministeriö ja (tutkimuksen osalta) opetusministeriö. Norjassa avaruushallinnon toimintaa rahoittaa kokonaisuudessaan kauppa- ja teollisuusministeriö.

---

19 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.
20 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.
21 European Space Technology Master Plan 2010, European Space Agency.

Kuva 7. Suomen, Ruotsin ja Norjan julkiset panostukset avaruustoimintaan.



Liite 4. Arvioinnin yhteydessä haastatellut asiantuntijat

Avaruusasiain neuvottelukunnan/ensimmäisen vaiheen haastattelut

XNVS	Organisaatio
Laura Höijer	Ympäristöministeriö
Kimmo Kanto	Tekes
Tuija Karanko	PIA Ry
Lea Kauppi	Suomen ympäristökeskus
Jari Koskinen	Geodeettinen laitos
Anu Laamanen	Ulkoministeriö
Susan Linko	Suomen Akatemia
Matti Möttönen	Rajavartiolaitos
Petri Peltonen	Työ- ja elinkeinoministeriö
Pekka Plathan	Liikenne- ja viestintäministeriö
Petteri Taalas	Ilmatieteen laitos
Kari Tilli	Tekes
Veli-Pekka Valtonen	Puolustusvoimat

Toisen vaiheen haastattelut

Haastateltu henkilö	Organisaatio
Martti Hallikainen	Aalto-yliopisto
Jukka Havusto	Patria
Tuomas Häme	VTT
Tuomo Kauranne	Arbonaut
Heidi Kuusniemi	Geodeettinen laitos
Topi Miettinen	Patria
Mikko Peltonen	Maa- ja metsätalousministeriö
Tuija Pulkkinen	Aalto-yliopisto
Jouni Pulliainen	Ilmatieteen laitos
Mikko Strahlendorff	Liikenne- ja viestintäministeriö
Yrjö Sucksdorff	Suomen ympäristökeskus
Veera Sylvius	Space Systems Finland
Antti Vertanen	Maa- ja metsätalousministeriö
Seppo Öörni	Liikenne- ja viestintäministeriö

Liite 5. Arvioinnin asiantuntijatyöpajoihin osallistuneet henkilöt

16.12.2011 järjestetty työpaja

Samuli Hemming, Suomen Akatemia
Tuomas Häme, VTT
Kimmo Kanto, Tekes
Heidi Kuusniemi, Geodeettinen laitos
Tuija Pulkkinen, Aalto-yliopisto
Timo Ranta-aho, Tekes
Mikko Strahlendorff, LVM
Yrjö Sucksdorff, SYKE
Pauli Stigell, Tekes
Veera Sylvius, Space Systems Finland

18.1.2012 järjestetty työpaja

Kimmo Kanto, Tekes
Tuija Karanko, PIA ry
Jari Koskinen, Geodeettinen laitos
Timo Ranta-aho, Tekes
Kati Sulonen, Suomen Akatemia
Pauli Stigell, Tekes
Mikko Strahlendorff, LVM
Yrjö Sucksdorff, SYKE
Kari Tilli, Tekes
Raimo Vajavaara, MMM
Antti Vertanen, MMM
Yrjö Viisanen, Ilmatieteen laitos

Liite 6. Kansallisen avaruusstrategian tavoitteet ja toimenpiteet

Vahvistaa avaruustoiminnan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämistä yhteiskunnan ja elinkeinoelämän tarpeita ajatellen sekä kestävän kehityksen edistämisessä

- Vaikutetaan eurooppalaiseen poliittiseen päätöksentekoon, varmistaen kansallisiin tarpeisiin, kuten yhteiskunnan toimintojen turvaamiseen, liittyvien välttämättömien satelliittijärjestelmien tuottamien aineistojen saatavuus sekä tiedon laaja-alainen käytettävyys.
- Laajennetaan ja vahvistetaan avaruustoiminnan kansallista rahoituspohjaa sovellusten luonteen muuttuessa aikaisempaa kysyntälähtöiseen ja operatiivisempaan suuntaan.
- Jatketaan avaruuskäyttöön soveltuvan teknologian kehittämistä sekä teknologiasiirtotoimintaa, tavoitteena kehitetyn teknologian ja osaamisen hyödyntäminen yhteiskunnan muilla aloilla.
- Viestitään avaruustoiminnan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämisestä liiketoiminnassa, tutkimuksessa, koulutuksessa ja yhteiskunnallisessa päätöksenteossa.

Edistää globaalia liiketoimintaa ja elinkeinoelämän kilpailukykyä avaruustoiminnan mahdollistamin keinoin.

- Selvitetään avaruustoiminnan ja ESA ohjelmamaksujen rahoitusperiaatteet ja mahdollisuudet rahoituksen lisäämiseen strategiakauden aikana.
- Vahvistetaan elinkeinoelämän tarpeisiin suunnatun julkisen tutkimuksen resursointia ja avaruustoiminnassa kehitetyn osaamisen, teknologian ja infrastruktuurin käyttöönottoa erityisesti strategisten huippuosaamisen keskittymien toiminnassa ja Tekesin ohjelmissa.
- Panostetaan hyödyntävien yritysten, sovellusten ja palveluiden kehittymiseen. Osallistutaan näitä kehittäviin kansainvälisiin ohjelmiin ja kahden tai useamman maan välisiin hankkeisiin.
- Ennakoidaan eurooppalaisen toimintaympäristön muutos ja siitä syntyvä kilpailun lisääntyminen.
- Ylläpidetään ja vahvistetaan kansallista kilpailukykyä niillä avaruusliiketoiminnan alueilla, jotka tähtäävät kasvavaan kaupalliseen markkinaan.
- Tunnistetaan avaruuslaitteita suunnittelevan ja valmistavan teollisuuden mahdollisuudet erityismarkkinoilla.

Vahvistaa Suomen roolia aktiivisena toimijana kansainvälisessä tiede- ja tutkimusohjelmissa sekä avaruusteknologian kehittäjänä

- Vaikutetaan eurooppalaiseen tiede-, tutkimus- ja innovaatiotoiminnan suuntaamiseen avaruustoimintaan liittyvillä foorumeilla aikaisempaa määrätietoisemmin ja tavoitteellisemmin.
- Osallistutaan valikoituihin tieteen, tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan kansainvälisiin aloitteisiin, kuten Euroopan avaruusjärjestön tieteellisiin ohjelmiin ja teknologiankehitysohjelmiin. Tuetaan näillä valinnoilla ja toiminnan kehittämisellä kansallisen innovaatiostrategian tavoitteita. Varmistetaan ohjelmien soveltuvuus tavoitteiden mukaiseen teollisen ja tutkimustoiminnan kehittymiseen.
- Vahvistetaan perustutkimuksen mahdollisuuksia tieteellisiin läpimurtoihin hyödyntämällä Suomen Akatemian rahoitusmuotoja ja EU:n ohjelmatoimintaa.
- Kehitetään avaruustoimintaan liittyvän tutkimusinfrastruktuurin ja tutkimuslaitteidenrahoitusmekanismeja ja kokonaisrahoitusta. Lisätään hallinnonalojen yhteistyötä merkittävien kansainvälisten hankkeiden toteuttamiseksi.
- Monipuolistetaan tulevaisuuden osaajien koulutustarjontaa ja edistetään tutkijoiden kansainvälistä liikkuvuutta. Tavoitteena on toisaalta korkeatasoinen tutkimus, joka palvelee laajasti yhteiskunnallista päätöksentekoa ja elinkeinoelämää, ja toisaalta monipuolisesti koulutetut osaajat, jotka hyödyntävät tietotaitoaan yhteiskunnan eri sektoreilla.

Edistää avaruuden rauhanomaisen käytön tavoitteita osana kansainvälistä oikeutta ja politiikkaa

- Tuetaan Euroopan avaruuspolitiikan tavoitteita ja korostetaan eurooppalaisen yhteistyön kehittämistä Galileo, GMES ja EUMETSATin sääsatelliittijärjestelmienhyödyntämisessä.
- Edistetään avaruustoiminnan vaikuttavuutta kansainvälisten ympäristö- ja ilmastokysymysten sekä kehityspoliittisten tavoitteiden toteuttamisessa.
- Lisätään turvallisuuteen liittyvää kansainvälistä vuorovaikutusta ja osallistutaan soveltuvin osin avaruus- ja turvallisuussektorin yhteistyöhön sekä Euroopan puolustusviraston avaruustyöryhmiin.
- Jatketaan avaruuden rauhanomaisen käytön ja hyödyntämisen sekä aseistamattomuuden periaatteiden tukemista kansainvälisen yhteistyön kautta sekä edistetään kansainvälisen vientivalvonnan tehokasta täytäntöönpanoa.
- Selvitetään tarve osallistua niihin avaruustoimintaan liittyviin kansainvälisoikeudellisiin sopimuksiin, joihin Suomi ei ole vielä sitoutunut.

Kehittää hallinnonalojen sekä yksityisen ja julkisen sektorin välistä yhteistoimintaa.

- Vahvistetaan avaruusasiain neuvottelukunnan yhteistyötä kehittävää roolia toteuttamalla kansallinen toimeenpanosuunnitelma.
- Tehostetaan toiminnan tarvelähtöisyyttä, tavoitteellisuutta ja vaikuttavuutta. Vahvistetaan monialaista ja avointa toimijoiden välistä vuorovaikusta selkeyttämällä viranomaisten roolit ja vastuut avaruuden hyödyntämisen osalta.
- Selvitetään tarve ja mahdollisuudet satelliittikapasiteetin hankkimiseksi viranomaisyhteistoiminnassa tai yhteistoiminnassa muiden maiden kanssa.
- Arvioidaan yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyömallin hyödyntämistä avaruudentoiminnan vaikuttavuuden kehittämiseksi ja kansainvälisen kilpailukyvyn edistämiseksi erityisesti ympäristö-, ilmastonmuutos ja kestävän kehityksen aloitteissa.

Liite 7. Avaruusalan suomalaiset yritykset[1]

4TS Finland Oy

4TS Finland Oy on innovatiivinen suomalainen teknologiayritys, joka keskittyy paikka- ja olosuhdetietoa hyödyntävien tuotteiden ja ratkaisujen kehittämiseen. Yrityksellä on patentteja ja patenttihakemuksia osaamisalueeltaan. 4TS:n tuotekehitystä vie eteenpäin usko siitä, että tulevaisuudessa suurta osaa arvotavaroista ja merkityksellisistä esineistä halutaan reaaliaikaisesti paikantaa, seurata ja suojata niin maalla, merellä, ilmassa kuin maan allakin. Yhtiö haluaa tulla yhdeksi johtavista olosuhde- ja ympäristötietoa hyödyntävien paikannusratkaisujen kehittäjistä. 4TS Finland kehittää ja myy laitteistoja, niitä hallinnoivia ohjelmistoja ja kokonaisratkaisuja.

Aboa Space Research Oy (ASRO)

Aboa Space Research kehittää ja valmistaa laitteita ja ohjelmistoja avaruusympäristön mittauksiin sekä kerätyn tiedon analysointiin ja hyväksikäyttöön. Yrityksen erityisosaamisalueita ovat suurenergiahiukkassäteilyn ja avaruusromun havainnointi.

Add2Phone Ltd

Add2Phone tarjoaa markkinointisovelluksia langattomiin laitteisiin. Yritys on erikoistunut tuottamaan ohjelmistoja interaktiivisiin lisäarvopalveluihin, mobiilimarkkinointiin ja paikkaperusteisiin mobiilin kaupankäynnin ratkaisuihin. Esimerkkejä tällaisista palveluista ovat esimerkiksi tekstiviesteinä (SMS) tai multimediaviesteinä (MMS) lähetettävät mainokset tai opaskartat.

Aerial Oy

Aerial on erikoistunut antennien ja niihin liittyvien komponenttien ja palveluiden kehittämiseen, valmistamiseen ja testaamiseen. Avaruusteknologista osaamista edustavat 3–40 megahertsin taajuusalueella toimivat antennit.

AffectoOy

Affecto tarjoaa paikkatietoratkaisuja (GIS, Geographical Information Solutions), joiden avulla voidaan esimerkiksi tehostaa kuljetusketjun operatiivisia prosesseja, lisätä tehoa ja suunnitelmallisuutta kenttätyöhön tai analysoida alueellisia riskitekijöitä. Kokonaisratkaisut koostuvat ohjelmistoista, aineistoista, asiakkaan tarpeiden mukaisesti räätälöidyistä projekteista ja järjestelmän integroinnista osaksi yrityksen muita tietojärjestelmiä. Räätälöityjen projektikohtaisten ratkaisujen sekä internet- ja mobiilipalvelujen lisäksi yritys tarjoaa sähköisiä ja painettuja karttoja sekä niihin liittyviä tuotteita ja palveluja.

Almare Visuals Ltd

Almare Visuals Oy kehittää ohjelmistoja, joiden avulla verkkopalveluissa tapahtuva tiedonhaku tulee entistä helpommaksi. Esimerkiksi yrityksen kehittämä Almare Maplet Maplet on alusta- ja päätelaiteriippumaton paikkatietohakukone. Se voidaan liittää erilaisiin karttapalvelimiin ja hakukone on käytettävissä tietokoneella ja langattomilla päätelaitteilla.

AL Safety Design Ltd

AL Safety Design on luotettavuusteknologiaan ja riskien hallintaan erikoistunut konsulttitoimisto. Avaruusteknologian alalla yrityksen osaamisalueita ovat muun muassa teknologian suunnittelu- ja kehitysprojektien riski- ja luotettavuusanalyysit ja laatujärjestelmät.

Aplicom Oy

Aplicom suunnittelee ja valmistaa tietokoneita ajoneuvoihin. Yrityksen valikoimaan kuuluu telemetria- ja ajoneuvojen seurantalaitteita aina täydellisiin värinäytöillä varustettuihin ajoneuvojen työasemiin saakka.

Apollo Materials Oy

Apollo Materials Oy on osa kansainvälistä Apollo Metals Groupia, joka toimittaa alumiinia, titaania ja erikoisteräksiä muun muassa ilmailu- ja avaruusteknologiayrityksille. Yrityksen avaruusteknologialan osaamista edustavat muun muassa materiaalien hallinta (metallit, maalit, komposiitit, kennostot), koneistetut komponentit ja maatukilaitteiden avaimet käteen -toimitukset.

[1] Lähde: www.avaruus.info

Arbonaut Ltd

Arbonaut tarjoaa muun muassa logistiikkaan liittyviä paikantamiseen, etätunnistukseen ja langattomaan viestintään liittyvää teknologiaratkaisuja. Yrityksen kehittämän Location Messaging -teknologian avulla niin sanottu paikkatagi voidaan liittää kaikentyyppisiin langattomiin viesteihin, mikä helpottaa esimerkiksi yritysten liikkuvien työntekijöiden tai arvotavaran paikallistamista. Lisäksi yritys on kehittänyt metsien inventoinnissa käytettävän menetelmän puiden pituuden mittaukseen ilma- ja satelliittikuvien avulla.

Artekno-Metalli Oy

Artekno-Metalli on erikoistunut kevytmetallien koneistukseen sekä yksittäiskappaleiden ja piensarjojen valmistukseen. Avaruusteknologiaan liittyen yrityksen osaamisalueita ovat muun muassa koneistetut komponentit sekä työvälineiden ja mallien valmistus.

Blom Kartta Oy

Blom Kartta Oy tarjoaa asiakaskohtaisia ilmakuvauspalveluja ja digitaalisia kartoitusratkaisuja. Yritys tarjoaa lisäksi muun muassa paikkatietopalveluja ja satelliittien avulla toimivaa kaukokartoitusta.

CCC Systems Oy

CCC Systems tuottaa asiakaskohtaisia tietojärjestelmiä ja ohjelmistotuotteita mobiililaitteisiin. Yritys palvelee muun muassa lentokone- ja avaruusteknologia-alan yhteistyökumppaneita. Yrityksen Avaruusyksikön erityisosaamisalueisiin kuuluvat muun muassa langattomat paikkatietoratkaisut.

CLS-Engineering Oy

CLS-Engineering on automaatioon ja sähköistykseen erikoistunut projektitoimittaja. Yrityksen avaruusteknologisia osaamisalueita ovat muun muassa automaatio- ja valvontajärjestelmät, sähkötekniikka, digitaalinen elektroniikka, televiestintä, tietoverkot, kaukokartoitus, paikkatietojärjestelmät, ja kuvantamisteknologiat.

Coherent Finland Oy

Coherent Finland valmistaa yhdistepuolijohdemateriaaleja, optoelektroniikan komponentteja, laserdiodien ohjaus- ja testausjärjestelmiä sekä lasereiden virtalähteitä. Sen päätuotteita ovat suurteholasersauvat tai suuritehoiset lasersauvat ja integroidut laserjärjestelmät. Yritys kehittää puolijohdelasereille uusia sovelluksia sekä maanpäälliseen että avaruuskäyttöön.

Componeering Inc

Componeering on erikoistunut edistyneiden komposiitti- ja kerroslevyrakenteiden analysointiin ja suunnitteluun. Yrityksen ydinliiketoimintaa on ESA-Comp-ohjelmiston ja siihen liittyvien palvelujen kehittäminen ja ohjelmiston jakelu. Ohjelma on tarkoitettu komposiittilaminaattien ja laminoitujen rakenne-elementtien analysointiin ja suunnitteluun. Ohjelman kehittämisen alullepanijana ja tukijana toimii Euroopan avaruusjärjestö ESA.

Cybercom

Cybercom on asiantuntijatalo, joka toimittaa tietoliikenne- ja ohjelmistonkehitys- sekä laadunvarmistuspalveluja muun muassa tietoliikennealan yrityksille.

DA Design

DA Design kehittää ja valmistaa mikroaaltojärjestelmiä. Yritys tuottaa muun muassa radiometri-, tutka- ja viestintäratkaisuja sekä maanpäällisiin että avaruussovelluksiin. Lisäksi yritys tarjoaa tiloja ja välineitä monoliittisten mikroaaltomikropiirien (MMIC) suunnitteluun ja simulaatioon.

Detection Technology

Detection Technology suunnittelee ja valmistaa korkealaatuisia silikoni-fotodiodeja, säteilyn ilmaisimia ja niihin liittyvää elektroniikkaa sekä ilmaisinmoduuleja.

Digia

Digian kehittämä tuote Digia Navigator on karttapohjainen henkilökohtainen navigointiohjelmisto, joka on suunniteltu Symbian OS -järjestelmää käyttäville äly- ja mediapuhelimille. Ohjelmisto tarjoaa käyttäjälleen erilaisia kartta- ja paikannuspalveluja sekä tiettyyn paikkaan liittyviä palveluja, osoitehakuja ja reittiopasteita.

Ekahau Inc

Ekahaun kehittämä ja patentoima paikantamisteknologia pystyy osoittamaan langattomien asiakaslaitteiden, kuten kämmenmikrojen tai kannettavien tietokoneiden sijainnin Wi-Fi 802.11 -lähiverkossa. Ohjelmistopohjainen tuote laajentaa Wi-Fi-verkon käyttömahdollisuuksia tiedonsiirrosta reaaliaikaiseen paikantamiseen.

Elektrobit Ltd

Elektrobit tarjoaa tutkimus ja kehityspalveluita sekä langattoman televiestinnän tuotteita. Yrityksen radiokana-

vaosaaminen sisältää radiotaajuus- ja analogiatekniikan sekä signaalinkäsittelyalgoritmien osaamisen. Avaruusteknologiaan liittyen yritys tarjoaa muun muassa radiokanavien mittauslaitteita, satelliittikanavamallinnusta ja digitaalisen signaalin prosessointia.

Elisa Oyj

Elisa on tietoliikennepalveluja tarjoava yritys. Yritys kehittää myös paikkatietoon perustuvia palveluja. Elisa Paikannin mahdollistaa matkapuhelimen paikantamisen joko omalla GSM-puhelimella tai käyttämällä Elisa Paikannin palvelua internetissä. Elisa Paikantimen toiminta perustuu matkapuhelimen sijaintitiedon selvittämiseen ja esittämiseen joko tekstinä tai karttamuodossa.

Envia Oy

Envia kehittää ympäristön havainnointi- ja mittaustekniikkaa. Yritys valmistaa automaattisia kannettavia kevytsääasemia. Yhteistyössä Eurimage S.p.A.:n ja Space Imaging Inc:n kanssa yritys tarjoaa laajan valikoiman kaukokartoitustuotteita ja palveluita maailmanlaajuisesti. Envia toimii myös tarkimpien kaupallisesti saatavilla olevien satelliittikuvien jälleenmyyjänä. Ohjelmistopuolella yritys edustaa maailman johtavaa geomatiikkaohjelmistojen kehittäjää, PCI Geomaticsia, joka toimittaa pitkälle erikoistuneita ohjelmistoja kaukokartoituksen, digitaalisen fotogrammetrian, paikkatietojen käsittelyn ja kartografian tarpeisiin.

Environics Oy

Environics kehittää ilmaisimia kaasujen ja kemiallisten aineiden havaitsemiseen sotilas- ja siviilitarkoituksiin. Yritys suunnittelee lisäksi avaruustutkimuksen laitteita Ilmatieteen laitokselle, joka puolestaan toimittaa välineistöä Euroopan avaruusjärjestö ESA:lle.

Fastrax Ltd

Fastrax Oy kehittää korkealaatuisia GPS-vastaanottimia, ohjelmistopohjaista GPS-ratkaisua sekä seurantajärjestelmiä eri laitevalmistajille. Fastraxin kehittämät ratkaisut hyödyntävät GPS:ää (Global Positioning System) ja muita satelliittipaikannusjärjestelmiä kuten Galileoa. Ratkaisut soveltuvat eri käyttötarkoituksiin kuten ajoneuvojen, kotieläinten ja ihmisten seurantaan sekä PND-navigaattoreihin, multimediapuhelimiin ja erilaisiin kannettaviin kämmentietokoneisiin.

Finnet Verkot Oy

Finnet Verkot on valtakunnallinen verkko-operaattori, jonka verkoissa kulkevat puhelut, viestit ja palvelut. Verkko koostuu sekä mobiilista- että kiinteästä- eli niin sanotusta runkoverkosta.

FinnSat Oy

FinnSat on erikoistunut toimittamaan antenneja, antennijärjestelmiä sekä digitaalisen television lähetys-, siirto- ja vastaanottolaitteita. Yrityksen osaamisalueisiin kuuluvat myös radio- ja televisioyhtiöiden satelliittilähetysten vastaanottoasemat.

Fujitsu Services Oy

Fujitsu Services Oy on modernien tietojärjestelmien palvelutuottaja ja tuoteratkaisujen toimittaja. Yhtiö kehittää tietojärjestelmäkokonaisuuksia ja toimii kansainvälisten valmisohjelmistojen integraattorina.

Geocentric (ent. Benefon)

Geocentric valmistaa GSM/GPS-teknologiaan perustuvia langattomia telematiikkalaitteita. Yritys kehitti ensimmäisenä GSM-matkapuhelimen, johon oli integroitu GPS (Global Positioning System) -paikannin. Tämän jälkeen yritys on erikoistunut laitteiden ja ratkaisujen kehittämiseen vaarallisissa olosuhteissa työskenteleville sekä yrityksille, jotka haluavat optimoida liikkuvan työvoiman ja kuljetuskaluston toimintojaan.

Hannu Säles Oy

Hannu Säles Oy on konsultointiyritys, joka on erikoistunut tietoliikenneverkkoihin ja niitä hyödyntäviin palveluihin, merenkulkusovelluksiin sekä sulautettuihin sovelluksiin. Yrityksen tuotteisiin kuuluu muun muassa navigointi- ja reititysohjelmistoja telematiikkalaitteita varten.

Heptagon Oy

Heptagon kehittää mikro- ja nanoteknologiaan perustuvia optisia komponentteja. Yrityksen tuotteita käytetään muun muassa optisissa viestintälaitteissa, pienoisnäytöissä ja erilaisissa optisissa antureissa.

Indagon Oy

Indangon kehittää ja tuottaa paikantamisjärjestelmiä ja telematiikkaratkaisuja esimerkiksi liikkuvan kaluston hallintaan. Yrityksen tuotteet hyödyntävät muun muassa GPS (Global Positioning System) GPRS (General Packet Radio Service) -järjestelmiä.

Keyfor Oy

Keyfor tarjoaa tietokoneavusteista suurten metsäalueiden inventointia ja kuviointia. Keyforin läheinen yhteistyökumppani on inventointimenetelmän kehittäjä Arbonaut Ltd. Keyforin päätuote on erityyppisiä ilma- ja sa-

telliittikuvia hyödyntävä metsäkuviointi. Yrityksen käytössä olevia kuvantulkintamenetelmiä hyödynnetään myös muunlaisissa laajojen kokonaisuuksien kaukokartoitusprojekteissa.

KSH Productor Oy

KSH Productor kehittää ja valmistaa moniteknologiainstrumentteja. Yrityksen hallitsemia erikoistekniikoita ovat muun muassa optiikka, nesteenkäsittely, röntgentekniikka ja säteilynmittaus.

Locus Portal

Locus Portal kehittää GSM-verkkoihin perustuvaa paikantamisteknologiaa ja -palveluja, joiden avulla voidaan paikantaa matkapuhelimia ja muita langattomia laitteita.

Maa ja Vesi Oy

Maa ja Vesi on yhdyskuntasektorin konsultti- ja suunnittelutoimisto, joka kuuluu Jaakko Pöyry Group -konserniin. Yrityksen tarjoamiin paikkatietopalveluihin kuuluvat muun muassa kaukokartoitus, paikkatiedon keruu ja paikkatietojärjestelmien (GIS, Geographical Information System) kehittäminen.

Mectalent

Mectalent on erikoistunut vaativien ja tarkkojen osien koneistamiseen käyttämällä laajaa materiaalivalikoimaa. Yritys tekee yksittäiskappaleita, protoeriä ja sarjatuotantoa.

Mitron

Mitorn suunnittelee ja tuottaa räätälöityjä elektroniikan sovelluksia vaativiin käyttökohteisiin. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat esimerkiksi ajoneuvoihin soveltuvat navigointi-, viestintä-, elektroniikka- ja ohjelmistoratkaisut.

Mobisoft Oy

Mobisoft on erikoistunut langatonta tiedonsiirtoa hyödyntäviin liikennesovelluksiin. Yritys tarjoaa muun muassa ajovälitys- ja tilausjärjestelmiä henkilöliikenteen, kuljetuksen ja jakelun käyttöön.

Modulight Oy

Modulight suunnittelee ja valmistaa laser-diodeja muun muassa televiestinnän, tietoliikenteen, kaapelitelevision ja avaruusteknologian sovelluksiin.

Nanocomp Ltd

Nanocomp tuottaa nano- ja mikrostrukturoituja pintakomponentteja ja -laitteita. Yrityksen erityisosaamisalueita ovat diffraktiivinen optiikka ja aalto-optinen tekniikka.

Nanoway Ltd

Nanoway kehittää erittäin alhaisten lämpötilojen mittaamiseen käytettäviä nanolämpömittareita.

Navicore

Navicore kehittää matkapuhelimissa toimivia GPS (Global Positioning System) -navigointisovelluksia, kuten karttoja ja reitittimiä.

Navinova Ltd.

Navinova koordinoi NAVI-verkostoa, jossa on mukana langatonta paikantamista ja paikkatiedon hyödyntämiseen perustuvia palveluja kehittäviä yrityksiä ja tutkimuslaitoksia. NAVI-verkosto toimii yritysten, tutkimuksen ja hallinnon yhteistyöfoorumina.

Nokia Research Center

Yhtymän tutkimuskeskus Nokia Research Center edistää Nokian teknologista kilpailukykyä ja jatkuvaa uudistumista. Tutkimuskeskus tukee yhtymän ydinliiketoimintoja kehittämällä uusia tuotekonsepteja, teknologioita ja sovelluksia tiiviissä yhteistyössä muiden Nokian toimialaryhmien kanssa. Tutkimuskeskus tekee myös pitkän tähtäimen tutkimusta maailmanlaajuisessa verkostossa, johon kuuluu sekä yliopistoja että muita alan yrityksiä.

Opteon Oy

Opteon on erikoistunut tarkkuusoptiikan valmistamiseen teleskooppeihin ja muihin laitteisiin. Yrityksen erityisosaamisalueisiin kuuluvat muun muassa kevyiden silikoni-karbidipeilien kiillottaminen. Yritys on lisäksi kehittänyt aaltorintaman mittaavan järjestelmän astronomiateleskooppien aktiivisia optojärjestelmiä varten.

Oulun hienomekaniikka Oy

Oulun hienomekaniikka on erikoistunut vaativien ja tarkkojen osien koneistamiseen käyttämällä laajaa materiaalivalikoimaa. Yritys tekee yksittäiskappaleita, protoeriä ja sarjatuotantoa.

Oxford Instruments plc

Oxford Instrumentsin Suomen yksikkö (entinen Metorex International Oy) kehittää ilmaisinteknologiaa ja spektrianalyysijärjestelmiä avaruuskäyttöön. Yrityksen tuotteisiin kuuluu muun muassa röntgen- ja gammasädeilmaisimia.

Protecal Oy

Protecal kehittää tuotteiden elektroniikan suunnittelu- ja valmistusprosesseja. Yrityksen erityisosaamisalueita ovat mikroelektroniset sovellukset ja asiakaskohtaiset näyttömoduulit.

Patria

Patrian Avaruuselektroniikan liiketoimintayksikkö on keskittynyt avaruusalusten elektroniikan suunnitteluun, valmistukseen ja testaamiseen. Yrityksen toinen yksikkö, lentokone- ja avaruusrakenteiden liiketoimintayksikkö puolestaan suunnittelee, valmistaa ja testaa kevyitä komposiittirakenteita.

Rejlers Oy

Rejlers on monialainen insinööritoimisto, joka on erikoistunut erilaisten laitteiden ja järjestelmien tuotekehitykseen ja suunnitteluun sekä investointiprojektien asiantuntija-, suunnittelu- ja projektihoitopalveluihin.

Selmic Oy

Selmicin ydinosaamisaluetta on mikroelektroniikan ja mikromoduulien valmistus. Mikromoduuliteknologia sopii parhaiten sovelluksiin, joissa tarvitaan erittäin toimintavarmoja ja tehokkaita sekä kooltaan pieniä komponentteja. Tällaisia sovelluksia tarvitaan muun muassa lentokone- ja avaruusteknologiassa.

Space Systems Finland Ltd

Space Systems tuottaa ohjelmistoja avaruusteknologian sovelluksiin. Yrityksen ohjelmistoja käytetään muun muassa avaruusaluksissa ja alusten robotiikassa sekä navigointijärjestelmissä. Lisäksi yritys tuottaa tuotteita maanpäälliseen käyttöön. Esimerkiksi NVAIndoor laajentaa satelliittipaikannuksen menetelmiä ympäristöihin, joissa GPS-järjestelmän (Global Positioning System) signaali ei yleensä toimi tai toimii heikosti. Tällaisia ympäristöjä ovat esimerkiksi kaupunkien keskusta-alueet ja rakennusten sisätilat

SPECIM

SPECIM kehittää ja tuottaa metaspektrikuvantamislaitteita ja lentokonekaukokartoitusjärjestelmiä.

Suomen Optomekaniikka Oy

Suomen Optomekaniikka on keskittynyt tarkkuusmekaniikkatuotteisiin, joihin sisältyy usein myös elektroniikkaa ja optiikkaa. Yrityksen erikoisosaamista edustavat muun muassa tarkat liikemekaniikat ja ympäristösietoisuus. Lisäksi yritys valmistaa valmiiksi suunniteltuja tuotteita ja tuotteiden osia.

Suunto

Suunto suunnittelee ja valmistaa erilaisia urheiluvälineitä. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat muun muassa erilaiset meri- ja kenttäkompassit ja rannetietokoneet.

Synopsys Professional Services

Synopsys Professional Services tarjoaa mikrosirujärjestelmien suunnitteluun liittyviä palveluja. Yritys tarjoaa asiantuntemustaan tai menetelmiään osaksi asiakkaan omaa suunnitteluympäristöä tai hoitaa asiakkaan tuotteen suunnittelun itse joko kokonaan tai osittain.

TeliaSonera Finland Oyj

TeliaSonera on televiestintäyritys, joka tarjoaa asiakkailleen matkaviestintä-, internet- ja dataviestintäpalveluja. Yritys kehittää myös paikkatietoon perustuvia palveluja. Yritys tarjoaa yrityksille muun muassa internetin kautta käytettävää palvelua, jonka avulla voidaan paikantaa matkapuhelimia, joissa on käytössä yrityksen liittymä.

Toikka Oy

Insinööritoimisto Toikka on erikoistunut radio- ja mikroaaltoteknologiaan. Yritys kehittää ja valmistaa asiakkaiden tarpeisiin räätälöityjä mikroaaltolaitteita. Yrityksen erityisosaamisalueisiin kuuluu muun muassa maastodatan mittaus satelliittikaukokuvaussovelluksia varten. Lisäksi yritys kehittää erilaisia jään, lumen ja maaperän dielektristen ominaisuuksien mittaamiseen tarkoitettuja laitteita.

Tracker Oy

Tracker kehittää ja tuottaa erilaisia paikannuksen, seurannan ja navigoinnin tuotteita. Yrityksen valmistaa muun muassa GPS (Global Positioning System) -paikantimia ja telemetrialaitteita.

Tumo Oy

Tumo on erikoistunut vaativaan koneistukseen ja materiaalin käsittelyyn. Yrityksen osaamisalueita ovat muun muassa alumiinin ja titaanin koneistaminen ja käsittely. Yritys tekee lisäksi ainetta rikkomatonta testausta (NDT) sekä alumiiniseosten kemiallista ja sähkökemiallista pintakäsittelyä.

Vaisala

Vaisala kehittää ja valmistaa erilaisia sään, ympäristöolosuhteiden ja prosessiolosuhteiden, kuten esimerkiksi kosteuden tai ilmanpaineen, mittaamiseen tarkoitettuja sähköisiä laitteita ja järjestelmiä.

Liite 8. Esitys avaruustoiminnan vaikuttavuusindikaattoreiksi

Alla on esitetty viitekehys Suomen avaruustoiminnan yhteiskunnallisen vaikuttavuuden jatkuvaan seurantaan ja esimerkkeinä siihen mahdollisesti soveltuvia indikaattoreita. Viitekehys pohjautuu yhtäältä tässä arvioinnissa käytettyyn tematiikkaan kolmesta keskeisestä vaikuttavuussuunnasta ja toisaalta vaikuttavuusindikaattorien esitys noudattaa pitkälti Suomen Akatemian ja Tekesin vuonna 2011 yhdessä laatimaa tutkimus- ja innovaatiotoiminnan yhteiskunnallisen vaikuttavuuden viitekehysmallia.

Esitetty viitekehys on tarkoitettu työpohjaksi, jota täsmennetään ja syvennetään avaruusasian neuvottelukunnan omassa strategiatyössä.

Taulukko a) Liiketoimintavaikutukset ja niiden indikaattorit

Liiketoimintavaikutukset		
	Tarkasteltava ilmiö	**Indikaattorit**
Vaikutukset	Kasvava ja kannattava avaruusklusteri	Avaruusklusterin liikevaihdon kasvu ja kannattavuus. Uusien työpaikkojen lukumäärä.
	Innovatiiviset kasvuyritykset	Sellaisten kasvuyritysten lukumäärä, joiden liiketoiminta nojautuu avaruustoimintaan
	Ulkomaiset investoinnit	Ulkomaiset investoinnin avaruussektorille, mukaan lukien ESA palaute
Tulokset	Aineettoman pääoman vahvistuminen	Uusien tuotteiden ja palvelujen osuus liiketoiminnasta. Aineettomien investointien osuus liikevaihdosta
	Asemoituminen kansainvälisissä arvoketjuissa	Korkean teknologian / tietointensiivisten tuotteiden ja palvelujen vienti
Toiminta	Kilpailukyvyn jatkuva parantuminen	Uusien tuotteiden ja palvelujen tuominen markkinoille.
	Yhteistyö, verkostot ja osaamisvirrat	Suomen osuus EU:n yhteishankkeissa. Osuus yrityksistä, jotka mukana yhteishankkeissa. Yhteishankkeiden määrä ja volyymi.
	Innovaatiokyvykkyys	Keksinnöt, patentit, lisenssit. Merkittävät toimitukset avaruusjärjestöille.
Panostukset	TKI ja muut liiketoiminnan kehittämispanostukset	Avaruusklusterin TKI-toiminnan volyymi. Aineettomat investoinnit avaruusklusterissa.
		Julkiset suorat ja epäsuorat panostukset yritysten TKI-toimintaan.
	Avaruusliiketoiminnan pääoma- ja muu rahoitus	Pääomarahoitus avaruustoimintaan ja sitä lähellä oleville aloille.
	Avaruusliiketoiminnan yleiset puitteet ja kannusteet	Panostukset avaruusinfrastruktuureihin.

Taulukko b) Tutkimus- ja osaamisvaikutukset ja niiden indikaattorit

Tutkimus- ja osaamisvaikutukset		
	Tarkasteltava ilmiö	**Indikaattorit**
Vaikutukset	Vahva avaruuteen liittyvä tieto, tutkimus ja ymmärrys	Erilliset vaikuttavuusarvioinnit.
	Avaruustoiminnan kehittämisen ja soveltamisen osaava tutkimuskenttä.	Suomalaisten pääsy kansainvälisiin hankkeisiin. ESA-palautekerroin.
Tulokset	Avaruustieteen ja tutkimuksen laatu, relevanssi ja tehokkuus	Tieteellisten julkaisujen ja viittausten määrä.
	Aktiivinen ja dynaaminen avaruusyhteisö	Hankkeiden ja hakemusten määrä. Hyväksyttyjen EU, ESA ja muiden kv-hakemusten määrä.
Toiminta	Avaruustiede ja tutkimus	Avaruustieteen ja tutkimuksen volyymi.
	Avaruustoiminnan tutkimuksellisten puitteiden ja edellytysten vahvistaminen	Aihepiirin opetuksen / koulutuspaikkojen ja professuurien määrä.
	Tiedon ja osaamisen välittäminen sekä verkostoituminen	Avaruustieteen ja -toiminnan näkyvyys julkisessa mediassa sekä suunnatuissa tapahtumissa.
Panostukset	TKI -panostukset osaamisen kehittämiseen	Avaruustoimintaan ja -tutkimukseen liittyvät TKI-investoinnit ja resursoinnit
	Panostukset kansainvälisten infrastruktuurien kehittämiseen	Osallistuminen kansainvälisiin avaruusalan toimituksiin, ohjelmiin ja hankkeisiin.
	Panostukset tiedon ja osaamisen välittämiseen ja verkostoitumiseen	Avaruusinfo, ym. portaalit. Materiaalit.

Taulukko c) Viranomaisvaikutukset ja niiden indikaattorit

Viranomaisvaikutukset		
	Tarkasteltava ilmiö	**Indikaattorit**
Vaikutukset	Kansallinen turvallisuus, yhteiskunnan hyvinvointi ja kestävä kehitys	Suomen houkuttelevuus. Erilaiset kansainväliset vertailuindeksit.
	Yhteiskunnan kehittyminen ja kansalaisnäkökulma	Tietoisuus avaruustoiminnasta ja sen tuloksista. Kansalaisvaikuttamisen foorumit ja huomioiminen.
Tulokset	Laadukkaat ja tehokkaat julkiset palvelut	Kansainväliset vertailut. Arvioinnit palvelujen toimivuudesta ja tehokkuudesta.
	Varautuminen riskeihin ja muutoksiin	Ennakointitiedon hyödyntäminen päätöksenteossa.
	Kattava, kehittynyt, toimiva ja tehokas infrastruktuuri	Tietoyhteiskuntakehitys.
Toiminta	Vaikuttaminen ja osallistuminen kansainväliseen viranomaisvalmisteluun	Komiteajäsenyydet, osallistumiset, aloitteet ja puheenjohtajuudet.
	Päätöksenteon tueksi tarvittavan tiedon ja aineiston tuottaminen	Ennakoinnit, selvitykset yms.
	Sektoripolitiikan erityistavoitteiden tukeminen	Sektorikohtaiset tavoitteet ja indikaattorit
Panostukset	Asiantuntijatyö ja viranomaisten työaika-panostukset	Sektorikohtaiset panostukset henkilötyövuosina ja muuna virkatyönä.
	Avaruustoimintaan liittyvien infrastruktuurien kehittäminen ja hankinnat	Infrastruktuuri-investoinnit, julkiset hankinnat.
	Jäsenmaksut ja suorat investoinnit avaruustoimintaan	Jäsenmaksut ja muut suorat investoinnit.

Tekesin katsauksia

294/2012 Vaikuttavuutta sovelluksista – Suomalaisen avaruustoiminnan arviointi. Antti Eronen, Katri Haila, Kimmo Halme ja Vesa Salminen. 88 s.

293/2012 Tuottavuus ja uusiutuminen – Katsaus Tekesin vaikuttavuudesta. Toni Riipinen, Mikko Valtakari, Mervi Rajahonka, Pekka Ilmakunnas ja Lotta Väänänen. 122 s.

292/2012 Hyvinvoiva yhteiskunta ja ympäristö – Katsaus Tekesin vaikuttavuudesta. Mari Hjelt, Päivi Luoma, Aki Pesola, Mari Saario, Vesa Kämäräinen, Anna Maksimainen ja Jarkko Vesa.

291/2012 Capabilities for innovation activities – Impact study. Johan Wallin (ed.), Philip Cooke, Arne Eriksson, Tomi Laamanen and Patrik Laxell. 134 p.

290/2012 Business Opportunities at the United Nations for the Finnish Safety and Security Industry. Annamari Paimela-Wheler and Laura Hämynen. 41 p.

289/2012 Funder, activator, networker, investor... Exploring Roles of Tekes in Fuelling Finnish Innovation. Kirsi Hyytinen, Sirkku Kivisaari, Olavi Lehtoranta, Maria Lima Toivanen, Torsti Loikkanen, Tatu Lyytinen, Juha Oksanen, Nina Rilla and Robert van der Have. 136 p.

288/2011 Better results, more value – A framework for analysing the societal impact of Research and Innovation. Päivi Luoma, Tuomas Raivio, Paula Tommila, Johan Lunabba, Kimmo Halme, Kimmo Viljamaa and Henri Lahtinen. 120 p.

287/2011 Teollisuusentsyymeistä kansainvälisesti verkostoitunutta liiketoimintaa

286/2011 Systeemisen muutoksen haasteet ja innovaatiotoiminnan mahdollisuudet – Tapaustutkimuksia ja politiikkanäkökulmia. Ville Valovirta, Mika Nieminen ja Antti Pelkonen, VTT, Petra Turkama, Tuija Heikura ja Juho Lindman, Aalto-yliopisto, CKIR, Sam Inkinen ja Jari Kaivo-oja, Turun yliopisto, Tulevaisuuden tutkimuskeskus. 52 s.

285/2011 Uusiutuvan dieselin kehityspolku. Ari Juva & Jussi-Pekka Aukia sekä Marjo Uusikylä (toim.) 44 s.

284/2011 BioRefine Yearbook 2011. Tuula Mäkinen, Eija Alakangas and Marjo Kauppi (eds.) 207 p.

283/2011 Rakennetun ympäristön innovaatiomaisema Itä-Euroopassa ja Venäjällä 2011. Minna Suovirta, Hannu Lehtinen ja Riitta Metsäkoivu, VTT. 127 s.

282/2011 Towards green growth? The position of Finland in environmental technologies. Raimo Lovio, Tuomo Nikulainen, Christopher Palmberg, Jenny Rinkinen, Armi Temmes and Kimmo Viljamaa. 59 p.

281/2011 Matkaopas asiakaslähtöisten sosiaali- ja terveyspalvelujen kehittämiseen. Petri Virtanen, Maria Suoheimo, Sara Lamminmäki, Päivi Ahonen ja Markku Suokas. 70 s.

280/2011 Network governance and the Finnish Strategic Centres for Science, Technology and Innovation. Kaisa Lähteenmäki-Smith, Petri Uusikylä, Katri Haila, Antti Eronen and Pekka Kettunen. 57 p.

279/2010 New Economic Perspectives of Innovation Market. Jari Hyvärinen. 78 p.

278/2010 Safety and Security Business Opportunities in World Bank projects. Annamari Paimela-Wheler and Maija Arellano. 40 p.

Julkaisujen tilaukset Tekesistä: **www.tekes.fi/julkaisut**

Lisätietoja
Pekka Pesonen
Tekes
pekka.pesonen@tekes.fi

Tekes – Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus

vaihde 010 191 480
asiakasneuvonta info@tekes.fi
kirjaamo kirjaamo@tekes.fi
Kyllikinportti 2, Länsi-Pasila, PL 69
00101 Helsinki
www.tekes.fi

Kesäkuu 2012

ISSN 1797-7339
ISBN 978-952-457-549-2

Tekes

