

An aerial photograph of a research facility, likely the Finnish Research Infrastructure Centre. In the foreground, a large, white, parabolic satellite dish is mounted on a metal structure. The facility is surrounded by a dense forest of green trees. A winding river flows through the landscape in the middle ground. The sky is blue with scattered white clouds. Two overlapping triangles, one magenta and one purple, are positioned behind the title text.

Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartta 2021–2024



SUOMEN AKATEMIA

Sisällysluettelo

1. Johdanto	4
2. Suomen kansalliset tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurit ja kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien jäsenyydet	6
3. Kansallisen ja kansainvälisen tutkimusinfrastruktuurikentän kehittäminen	9
Tutkimusinfrastruktuurien monimuotoinen vaikuttavuus.....	10
Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategia.....	11
Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien rahoitus.....	13
4. Kansainväliset tutkimusinfrastruktuurijäsenyydet	14
5. Kansallinen tutkimusinfrastruktuurien tiekartta 2021–2024	19
6. Tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurien kuvaukset	25
Bio- ja terveystieteet	
Avoin eurooppalainen kemikaalibiologinen tehoseulontakeskusinfrastruktuuri EU-OPENSREEN Suomi.....	26
Biokeskus Suomi.....	28
Eurooppalainen bioinformatiikan tutkimusinfrastruktuuri ELIXIR Suomi.....	30
Kvantamisteknologioiden tutkimusinfrastruktuuri Euro-BioImaging Suomi.....	32
Eurooppalainen biopankkien tutkimusinfrastruktuuri BBMRI Suomi.....	34
Integroidun rakennebiologian tutkimusinfrastruktuuri FinStruct.....	36
Data- ja laskentatieteet	
Tieteen tietotekniikan keskuksen (CSC) tutkimusinfrastruktuuripalvelut.....	38
Suomen hila- ja pilvilaskennan tutkimusinfrastruktuuri FCCI.....	40
Suomen kvanttilaskentainfrastruktuuri FiQCI.....	42
Eurooppalainen suurteholaskentatutkimusinfrastruktuuri EuroHPC/PRACE Suomi.....	44
Tulevaisuuden langattomien verkkojen tutkimusinfrastruktuuri FUWIRI.....	46
Fysikaaliset tieteet ja tekniikka	
ALD keskus Suomi.....	48
Biotalouden tutkimusinfrastruktuuri.....	50
Fotoniikan kansallinen tutkimusinfrastruktuuri FinnLight.....	52

Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorio JYFL-ACCLAB.....	54
Mikro- ja nanoteknologioiden tutkimusinfrastruktuuri OtaNano.....	56
Painettavan älykkyyden tutkimusinfrastruktuuri PII.....	58
RAMI Circular Raw Materials -tutkimusinfrastruktuuri.....	60
Sosiaali- ja yhteiskuntatieteet	
Kielivarojen ja kieliteknologian tutkimusinfrastruktuuri CLARIAH Suomi.....	62
Eurooppalainen sosiaalitutkimus ESS Suomi.....	64
Kansallinen väestötutkimuksen infrastruktuuri FIRI-PBS.....	66
Yleisen mielipiteen suomalainen tutkimusinfrastruktuuri FIRIPO.....	68
Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto CESSDA Suomi.....	70
Ympäristötieteet	
Maa-avaruustutkimusekosysteemi E2S.....	72
Suomen lajitietokeskus FinBIF.....	74
Euroopan mannerlaattojen havainnointijärjestelmä.....	76
Suomen merentutkimuksen hajautettu infrastruktuuri FINMARI.....	78
Ilmakehä- ja ekosysteemitutkimuksen tutkimusinfrastruktuuri INAR RI.....	80
Metsien ekosysteemin tutkimusinfrastruktuuri Scan4est.....	82
7. Linkit	84
8. Liitteet	85
Tutkimusinfrastruktuurikomitean kokoonpano 1.7.2019–30.6.2022.....	85
Lyhenteet.....	86

Kansikuva

Maa-avaruus-tutkimusekosysteemin (E2S)
Tähtelän mittausaseman tutka.
Kuva: Timo Rantala.

1. Johdanto

Suomen ensimmäinen kansallinen tutkimusinfrastruktuurien tiekartta julkaistiin vuonna 2009. Sen jälkeen tutkimusinfrastruktuurien merkitys on kasvanut kiihtyvällä vauhdilla tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnassa niin meillä Suomessa kuin ympäri maailmaakin. Tutkimusinfrastruktuureja rakennetaan mahdollistamaan tutkimustyötä, jota ei voitaisi tehdä ilman infrastruktuureja esimerkiksi ympäristön, terveyden, fyysikaalisten tieteiden, yhteiskunnan tai data- ja laskentatieteiden tutkimuksen saralla.

Tutkimus- ja innovaationeuvoston tavoitteena on, että Suomi on vuonna 2030 vetovoimaisin ja osaavin kokeilu- ja innovaatioympäristö ja että tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan (TKI) osuus nousee 4 prosenttiin bruttokansantuotteesta. Tutkimusinfrastruktuureilla on merkittävä rooli innovatiivisten ja innostavien tutkimus- ja kehittämissympäristöjen rakentamisessa ja tutkimusten tulosten hyödyntämisessä tieteen lisäksi myös laajemmin yhteiskunnassa. Esimerkiksi koronapandemian torjunnassa kansainvälisten ja kansallisten tutkimusinfrastruktuurien merkitys on ollut suuri rokotekehityksen, tautitilanteen seuraamisen ja varautumisen tukena. Kansainvälisten ja kansallisten tutkimusinfrastruktuurien lisäksi myös paikallisten ja alueellisten tutkimusinfrastruktuurien rooli TKI-toiminnassa on kasvamassa.

Tutkimusinfrastruktuurien elinkaari on pitkä, ja siksi niiden rakentamiseen, kehittämiseen, käyttöön ja purkamiseen tarvitaan riittävät resurssit koko elinkaaren ajan. Resurssit on syytä suunnata laadukkaimpien ja vaikuttavimpien tutkimusinfrastruktuurien rakentamiseen ja toimintaan, jotta käytettävissä olevasta rahoituksesta saadaan mahdollisimman suuri hyöty. Tämä edellyttää strategista suunnitelmallisuutta ja pitkäjänteistä toimintaan sitoutumista.

Suomen Akatemia avasi tiekarttahaun 2021–2024 Kansallisten Tutkimusinfrastruktuurien Strategian 2020–2030 ja Suomen kestävä kasvun ohjelman pohjalta. Edellinen kansallinen tutkimusinfrastruktuurien tiekartta julkaistiin vuonna 2014. Tiekartan päivitys on yksi Kansallisen tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden tiekartan toimenpiteistä, ja se tukee osaltaan TKI-toiminnan kumppanuusmallin kehittämistä.

Tutkimusinfrastruktuurien kasvava merkitys näkyy toimijoiden lisääntyvänä kiinnostuksena osallistua kansainvälisten ja kansallisten tutkimusinfrastruktuurien rakentamiseen ja toimintaan. Verrattaessa Suomen kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekarttaa 2021–2024 vuosien 2014–2020 tiekarttaan huomataan, että tutkimusinfrastruktuurien omistajaorganisaatioiden verkosto on selvästi tiivistynyt ja monipuolistunut samalla, kun tiekarttainfrastruktuureja omistavien tutkimusorganisaatioiden lukumäärä on noussut.

Vaikka jokaisen tutkimusinfrastruktuurin tavoitteena on tukea oman alansa TKI-toimintaa, tutkimusinfrastruktuureilla ja niiden kehittämistyöllä on myös yhteisiä piirteitä, kuten digitalisaatioon ja dataan liittyvät kysymykset sekä tutkimusinfrastruktuurien vaikutus vihreään siirtymään. Nämä huomioitiin valittaessa tutkimusinfrastruktuureja tälle tiekartalle.

Tiekartalle valittujen tutkimusinfrastruktuurien kuvaamat, vihreää siirtymää tukevat toimet liittyivät yleensä tutkimusinfrastruktuurilla tuotettuun tutkimustietoon ja sen sovelluksiin sekä tutkimusinfrastruktuurin etäkäyttömahdollisuuksiin. Lisäksi monet tutkimusinfrastruktuurit huomioivat laitehankinnoissa energiatehokkuuden, monikäyttöisyyden ja kierrätettävyyden. Omistajaorganisaatioiden linjaukset, muun muassa

hiilijalanjäljen mittaamiseen ja pienentämiseen liittyvät periaatteet, ohjaavat merkittävästi tutkimusinfrastruktuurien toimintaa vihreässä siirtymässä.

Tutkimusinfrastruktuurikentän monipuolistuessa ja tutkimusinfrastruktuurien merkityksen kasvaessa on entistäkin tärkeämpää, että korkeatasoisen palvelutuotannon lisäksi jokaisen infrastruktuurin omistajuus, taloudelliset vastuut ja kehittämissuunnitelmat ovat selkeitä ja tukevat aidosti tutkimusinfrastruktuurin arkea. Näin tutkimusinfrastruktuureihin tehdyistä investoinneista saadaan paras mahdollinen hyöty koko niiden elinkaaren aikana.

Tutkimusinfrastruktuurien kehittämisessä on kyse merkittävistä valinnoista ja panostuksista. Kansallisen tutkimusinfrastruktuurikomitean (TIK) tehtävänä on seurata ja kehittää kansallista ja kansainvälistä tutkimusinfrastruktuuritoimintaa Suomessa. Tehtävään sisältyvät Suomen tutkimusinfrastruktuurien arvioittaminen, parhaiden kokonaisuuksien valinta ja niiden osarahoittaminen. Tiekartalle vuosille 2021–2024 valittuja tutkimusinfrastruktuureja on tiekarttahakemusten tietojen mukaan rahoitettu eri lähteistä yhteensä 1 miljardilla eurolla vuosina 2015–2019. Tutkimusorganisaatioiden osuus on ollut yli 60 prosenttia kokonaisrahoituksesta. Tiekartalla olevien tutkimusinfrastruktuurien arvioitu kokonaisrahoitustarve vuosille 2020–2030 on 2,7 miljardia euroa.

TIK tukee kansainväliseen vertaisarviointiin pohjautuen tutkimusinfrastruktuurien rakentamista ja päivittämistä 20 miljoonalla eurolla vuosittain. Suomen Akatemian kautta rahoitetaan myös kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien jäsenmaksuja joka vuosi noin 20 miljoonalla eurolla. Lisäksi kertaluonteisella, yhteensä noin

100 miljoonan euron rahoituksella on tuettu Suomen osallistumista EuroHPC-toimintaan sekä kansallisten ja paikallisten tutkimusinfrastruktuurien rakentamista ja kehittämistä Suomen kestävä kasvun ohjelman elpymis- ja palautumissuunnitelman pohjalta.

Tässä raportissa esitellään 29 tutkimusinfrastruktuuria, jotka TIK on valinnut Suomen kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartalle 2021–2024. Lisäksi raportissa kuvataan kansallista ja kansainvälistä, Suomelle tärkeää tutkimusinfrastruktuurikenttää laajemmin.

Tutkimusinfrastruktuurit ja niiden muodostamat verkostot tukevat laadukasta ja vaikuttavaa TKI-toimintaa paikallisesti, kansallisesti ja kansainvälisesti.



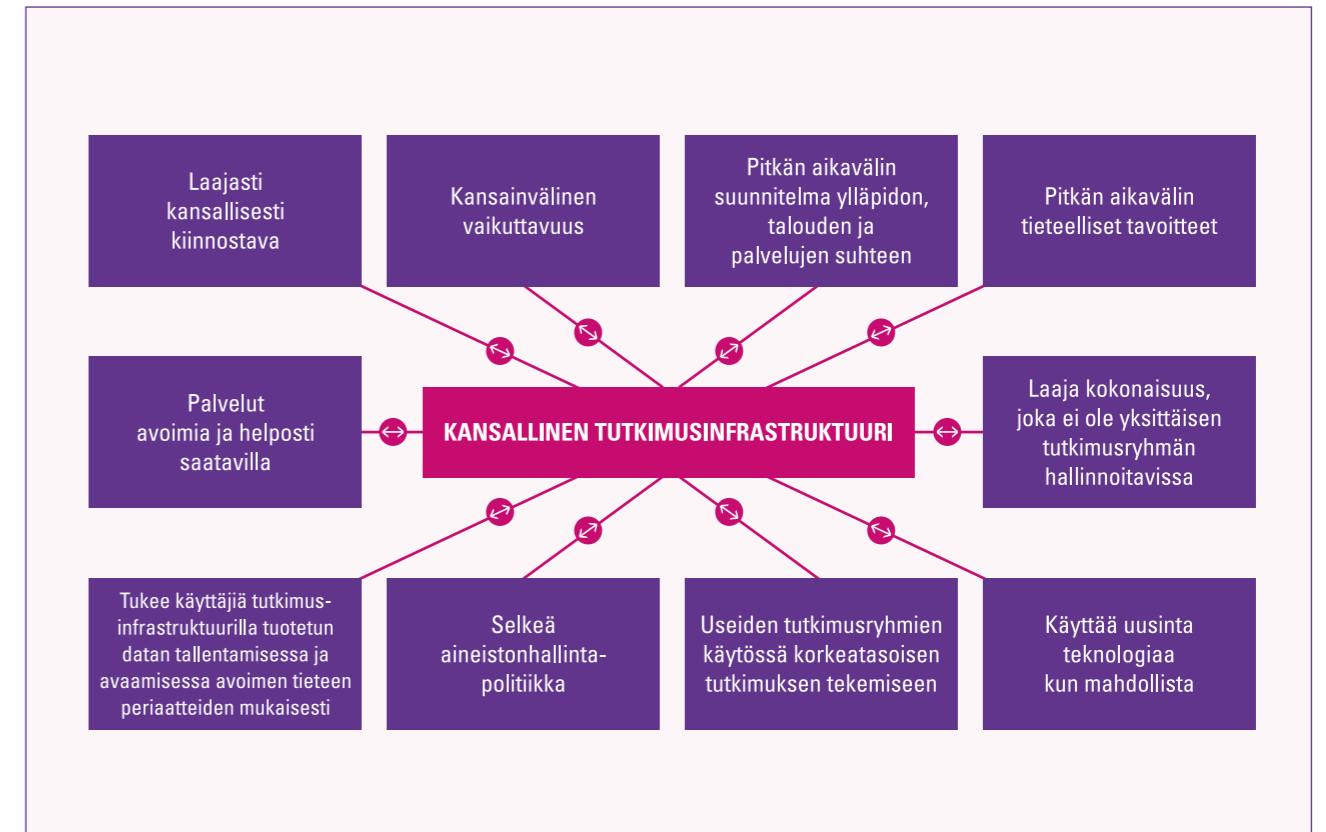
2. Suomen kansalliset tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurit ja kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien jäsenyydet

Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartassa määritellään Suomen ekosysteemiin kuuluvat merkittävät kansalliset tutkimusinfrastruktuurit. Tiekartadokumentissa luetellaan myös kansainväliset tutkimusinfrastruktuurit, joihin Suomi on liittynyt valtiosopimuksin tai muilla sopimuksilla. Suomen kansalliset tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurit ja kansainväliset jäsenyydet on listattu taulukossa 1. Tiekartalle valitut tutkimusinfrastruktuurit edustavat kansainvälisen vertaisarvioinnin pohjalta etusijalle asetettuja, kansallisten tutkimusinfrastruktuurien kriteerit täyttäviä palvelukokonaisuuksia. Tiekartta antaa hyvän pohjan monille tutkimusinfrastruktuurien kehittämistä koskeville strategisille päätöksille, kuten Suomen jäsenyyksille kansainvälisissä tutkimusinfrastruktuureissa. Tiekartta toimii myös perustana suunniteltaessa ja priorisoitaessa pitkäjänteisiä infrastruktuuri-investointeja.

Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin tunnusmerkkeihin kuuluu, että se on laajasti kansallisesti kiinnostava ja sillä on kansainvälistä vaikuttavuutta. Kansallisella tutkimusinfrastruktuurilla tulee olla pitkän aikavälin suunnitelma ylläpidon, rahoituksen ja käytön suhteen sekä laaja käyttäjäkunta. Kansallista tutkimusinfrastruktuuria käytetään korkeatasoisen tutkimuksen tekemiseen, ja sen tulee olla kaikille tutkijoille avoin ja saavutettavissa. Sillä tuotettu data noudattaa avoimen tieteen periaatteita tai pyrkii suunnitelmallisesti niitä kohti. Kansalliset tutkimusinfrastruktuurit ovat niin laajoja, etteivät yksittäiset tutkimusryhmät pysty hallinnoimaan niitä itse. Kansallinen tutkimusinfrastruktuuri käyttää uusinta mahdollista teknologiaa (Kuva 1). Suomen kansallisen tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurit esitellään kappaleessa 6. Kansainvälisistä jäsenyyksistä on tarkempi listaus kappaleen 4 taulukossa 2.

Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin määritelmä

Kansallinen tutkimusinfrastruktuuri on kansallisesti ja/tai kansainvälisesti merkittävä tutkimusinfrastruktuuri, joka edistää tutkimuksen ja koulutuksen laatua. Kansallisella tutkimusinfrastruktuurilla on vaikuttavuutta myös elinkeinoelämään ja koko yhteiskuntaan. Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin omistajuus ja organisaatorakenne ovat selkeät, ja johdon sekä henkilöstön keskeiset osaamistarpeet ovat tiedossa. Kansallisella tutkimusinfrastruktuurilla on oltava pitkän aikavälin suunnitelma palvelujen ylläpidosta ja kehittämisestä. Palvelujen ja tutkimusinfrastruktuurilla tuotetun datan täytyy olla avoimesti saatavilla. Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin tulee huomioida toiminnassaan digitaalisuuden ja dataintensiivisyyden luomat muutostarpeet. Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin on huomioitava toiminnassaan kestävä kehityksen tavoitteet. Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin rahoituspohjan on oltava kestävä, eikä se voi nojata liian vahvasti Suomen Akatemian kilpailtuun rahoitukseen.



Kuva1. Kansallisen tutkimusinfrastruktuurin tunnusmerkit.

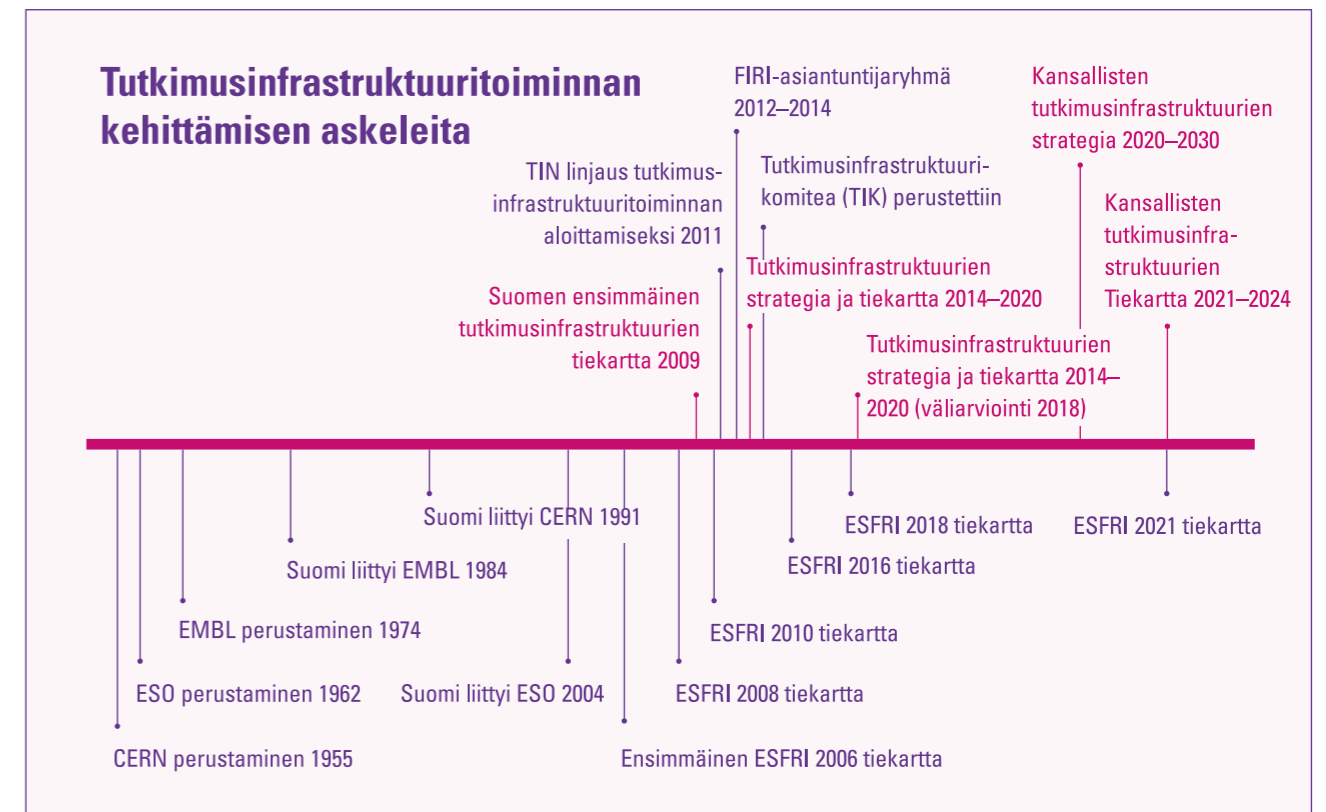
Taulukko 1. Suomen kansalliset tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurit ja kansainväliset jäsenyydet. Huom. kansalliset ja kansainväliset tutkimusinfrastruktuurit on listattu omissa aakkosjärjestyksissään, joten kansallinen ja sitä vastaava kansainvälinen tutkimusinfrastruktuuri ei esiinny taulukossa aina samalla rivillä. (ERIC European Research Infrastructure Consortium; JU Joint Undertaking.)

Suomen kansalliset tiekartan tutkimusinfrastruktuurit		Suomen kansainväliset infrastruktuurijäsenyydet
Tutkimusinfrastruktuuri	Lyhenne	
Bio- ja terveystieteet		
Eurooppalainen biopankkien tutkimusinfrastruktuuri BBMRI Suomi	BBMRI.fi	BBMRI-ERIC
Biokeskus Suomi	BF	EATRIS
Eurooppalainen bioinformatiikan tutkimusinfrastruktuuri	ELIXIR Suomi	ELIXIR
Kuvantamisteknologioiden tutkimusinfrastruktuuri Euro-Biolmaging Suomi	EuBI-Fi	EMBL sis. EMBC
Avoin eurooppalainen kemikaalibiologinen tehoseulontakeskusinfrastruktuuri EU-OPENSREEN Suomi	EU-OS FI	EU-OPENSREEN
Integroidun rakennebiologian tutkimusinfrastruktuuri	FinStruct	Euro-Biolmaging
		INFRAFRONTIER
		Instruct-ERIC
Data- ja laskentatieteet		
Tieteen tietotekniikan keskuksen (CSC) tutkimusinfrastruktuuripalvelut	CSC	EuroHPC JU
Eurooppalainen suurteholaskentatutkimusinfrastruktuuri	EuroHPC/PRACE Suomi	IML
Suomen hila- ja pilvilaskennan tutkimusinfrastruktuuri	FCCI	NeIC
Suomen kvanttilaskentainfrastruktuuri	FiQCI	PRACE
Tulevaisuuden langattomien verkkojen tutkimusinfrastruktuuri	FUWIRI	
Fysikaaliset tieteet, tekniikka ja energia		
ALD keskus Suomi	ALD keskus Suomi	CERN
Biotalous tutkimusinfrastruktuuri	BIOECONOMY RI	EFDA-JET
Fotoniikan kansallinen tutkimusinfrastruktuuri	FinnLight	ESA
Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorio	JYFL-ACCLAB	ESO
Mikro- ja nanoteknologioiden tutkimusinfrastruktuuri	OtaNano	ESRF
Painettavan älykkyyden tutkimusinfrastruktuuri	PII	FAIR
RAMI Circular Raw Materials -tutkimusinfrastruktuuri	RAMI	ITER
		JHR MTR
		MAX IV
Sosiaali- ja yhteiskuntatieteet		
Eurooppalainen sosiaalitutkimus ESS Suomi	ESS Suomi	CESSDA
Kielivarojen ja kieliteknologian tutkimusinfrastruktuuri CLARIAH Suomi	FIN-CLARIAH	CLARIN
Kansallinen väestötutkimuksen infrastruktuuri	FIRI-PBS	ESS
Yleisen mielipiteen suomalainen tutkimusinfrastruktuuri	FIRIPO	
Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto CESSDA Suomi	FSD	
Ympäristötieteet		
Maa-avaruus-tutkimus-ekosysteemi	E2S	EISCAT (+3D)
Suomen lajitietokeskus	FinBIF	EURO-ARGO ERIC
Euroopan mannerlaattojen havainnointijärjestelmä EPOS Suomi	FIN-EPOS	GBIF
Suomen merentutkimuksen hajautettu infrastruktuuri	FINMARI	ICDP
Ilmakehä- ja ekosysteemitutkimuksen tutkimusinfrastruktuuri	INAR RI	ICOS
Metsien ekosysteemin tutkimusinfrastruktuuri	Scan4est	IODP

3. Kansallisen ja kansainvälisen tutkimusinfrastruktuurikentän kehittäminen

Suomen tutkimusinfrastruktuurikenttä on rakentunut nykytilaansa useiden vuosikymmenten kuluessa. Suomi solmi ensimmäiset tutkimusinfrastruktuureja koskevat valtion tason sopimukset 1980–90-luvuilla (EMBL ja CERN). Fysiikan ja avaruuden tutkimus ovat olleet toisen maailmansodan jälkeen vahvimpia tutkimusinfrastruktuurien rakentajia ja hyödyntäjiä. Erittäin suurten ja kalliiden laitteistokokonaisuuksien avulla on voitu keskittyä aiheisiin, joita aiemmin ei voinut tutkia. Tällaisten tutkimusinfrastruktuurien

investointi- ja ylläpitokulut ovat hyvin suuria, ja siksi niiden yhteisrahoitteisuudesta on sovittu valtioiden tasolla. Teknologian ja tieteen kehittymisen myötä tutkimusinfrastruktuurien rooli on voimakkaasti kasvanut myös bio- ja lääketieteen sekä ympäristön tutkimuksessa. Myös kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimus hyötyy laajoista, monikansallisista tutkimusinfrastruktuureista ja tietovarannoista. Siksi sekä EU:ssa että monissa maissa on tuotettu päätöksenteon tueksi tutkimusinfrastruktuurien strategioita ja tiekarttoja (Kuva 2).



Kuva 2. Tutkimusinfrastruktuuritoiminnan kehittämisen vaiheita Euroopassa ja Suomessa.

Tutkimusinfrastruktuurien monimuotoinen vaikuttavuus

Onnistuneet tieteelliset läpimurrot ja innovaatiot vaativat tuekseen monialaista ja -tahoista yhteistyötä, verkottumista sekä rakenteita, kuten uudenlaisten tutkimusinfrastruktuurien kehittämistä. Nykypäivän nopeavauhtinen tieteen ja teknologian kehittyminen avaa mahdollisuuksia uusille kestäville ratkaisuille, jotka vastaavat globaaleihin haasteisiin.

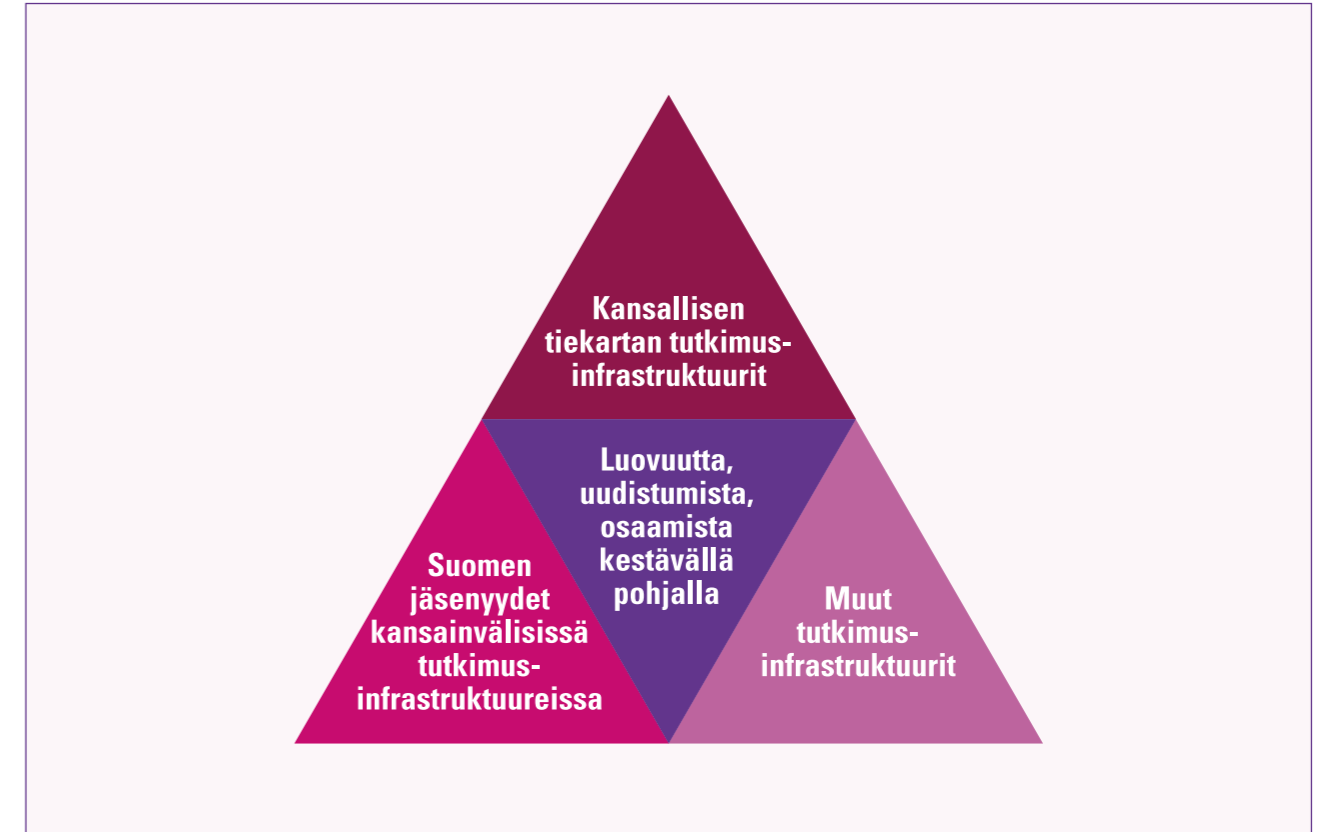
Tutkimusinfrastruktuurien tarjoamilla palveluilla on suuri merkitys, ei vain tutkijoiden työn mahdollistamisessa ja tieteellisten tulosten ja läpimurtojen saavuttamisessa, vaan

myös laajemmin yhteiskunnassa. Ne ovat merkittävässä roolissa muun muassa edistämässä digitalisaatiota ja kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamista, vahvistamassa talouselämän uudistumista ja kehittämässä koulutusta (Kuva 3).

Suomen tutkimusinfrastruktuurikenttä on tänä päivänä monimuotoinen ja muodostunut pitkälti korkeatasoisen tutkimuksen tarpeiden pohjalta. Siihen kuuluu kansainvälisiä, kansallisia, paikallisia ja alueellisia tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnalle (TKI) tärkeitä tutkimusinfrastruktuureja (Kuva 4).



Kuva 3. Tutkimusinfrastruktuurit tarjoavat monimuotoisia palveluja osaamisen ja yhteiskunnan kehittämiseksi.



Kuva 4. Tutkimusinfrastruktuurit ovat tärkeitä Suomen tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnalle niin paikallisesti, alueellisesti, kansallisesti kuin kansainvälisestikin.

Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategia

Suomen Akatemiaa koskevassa laissa (20.11.2009/922) on säädetty Tutkimusinfrastruktuurikomiteasta. Lain mukaan Tutkimusinfrastruktuurikomitean (TIK) tehtävänä on seurata ja kehittää kansallista ja kansainvälistä tutkimusinfrastruktuuritoimintaa, tehdä esitys Akatemian hallitukselle tutkimusinfrastruktuurien pitkän aikavälin suunnitelmasta, päättää tutkimusinfrastruktuurihankkeiden rahoituksesta ja vastata hankkeiden seurannasta sekä huolehtia Akatemian hallituksen osoittamista tutkimuksen infrastruktuuritehtävistä.

Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien 10-vuotinen strategia julkaistiin vuonna 2020. Strategian visio on, että korkeatasoiset tutkimusinfrastruktuuripalvelut lisäävät suomalaisen tutkimus-, koulutus- ja innovaatiojärjestelmän vaikuttavuutta ja kansainvälistä vetovoimaa. Vision saavuttamiseksi edistetään tutkimuksen laatua, uudistumista ja kilpailukykyä, vahvistetaan tutkimusympäristöjen monimuotoista vaikuttavuutta ja lisätään kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä kuuden kehittämisalueen avulla.

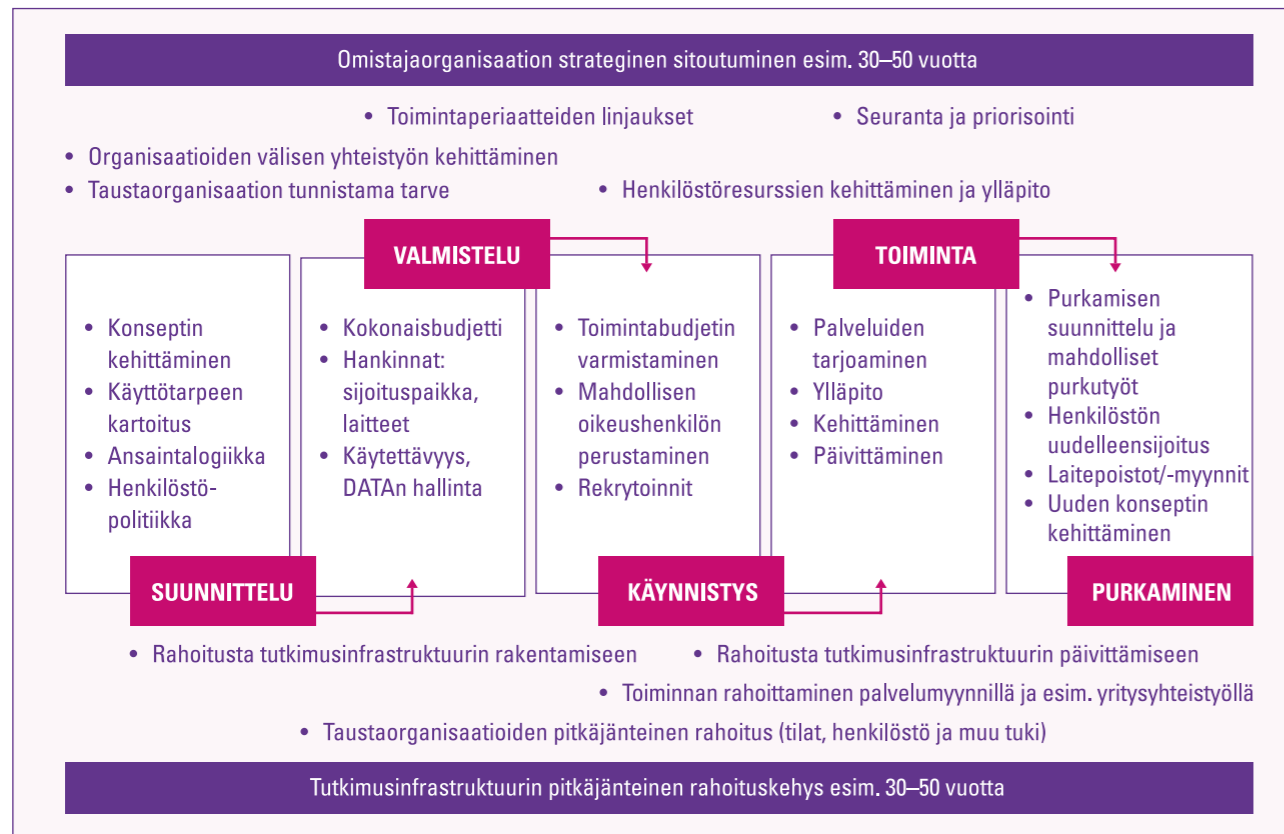
Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategian kehittämisalueet

- vastuullisuus ja kestävä kehitys
- pitkäjänteisyys ja dynaamisuus
- omistajuus ja osaaminen
- digitaalisuus ja data
- avoimuus ja yhteistyö
- laaja ja monimuotoinen vaikuttavuus.

Strategian pohjalta TIK avaa tiekartta- ja rahoitushakuja sekä kehittää yhdessä muiden toimijoiden kanssa kansallista ja kansainvälistä tutkimusinfrastruktuuritoimintaa tulevina vuosina.

Tutkimusinfrastruktuurin elinkaari on pitkä ja se sisältää monia eri vaiheita aina suunnittelusta toiminnan lopettamiseen (Kuva 5). Elinkaariajattelu edellyttää kykyä hahmottaa toimijoiden vastuut ja erilaisten rahoituslähteiden rooli elinkaaren eri vaiheissa. Tutkimusinfrastruktuurin tarvitseman tuen määrä ja

laatu vaihtelee elinkaaren vaiheesta riippuen. Strategiakauden yhtenä tavoitteena on selkeyttää, mitä tutkimusinfrastruktuurien omistajuus merkitsee, mitkä ovat sen tunnusmerkkejä ja minkälaisia oikeuksia ja velvollisuuksia omistajuuteen liittyy ([Tutkimusinfrastruktuurien omistajuus](#)). Tutkimusorganisaatiot edistävät niille strategisesti merkittävien tutkimusinfrastruktuurien rakentamista, kehittämistä ja ylläpitoa systemaattisesti, ennakoivasti ja yhteistyössä erilaisten sidosryhmien kanssa.



Kuva 5. Tutkimusinfrastruktuurin elinkaari ja sen vaiheisiin liittyviä tyypillisiä toimintoja.

Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien rahoitus

Tutkimusinfrastruktuurit ovat kiinteä osa laadukasta, dynaamista ja kansainvälisesti vetovoimaista TKI-ympäristöä. Pitkäjänteiset, monimuotoiset tutkimusinfrastruktuuripalvelut vaativat tuekseen vakaan, hallituskaudet ylittävän rahoituspohjan. Tutkimusinfrastruktuurien kokonaisrahoitus on monikanavaista ja siihen osallistuvat muun muassa niiden isäntäorganisaatiot, tutkimusrahoittajat, ministeriöt, EU sekä tutkimusinfrastruktuuripalvelujen käyttäjät. Vakaa rahoituspohja edellyttää tutkimusinfrastruktuureja ylläpitäviltä tahoilta ennakoivaa ja monipuolista ansaintalogiikkaa ja pitkäjänteistä taloussuunnittelua.

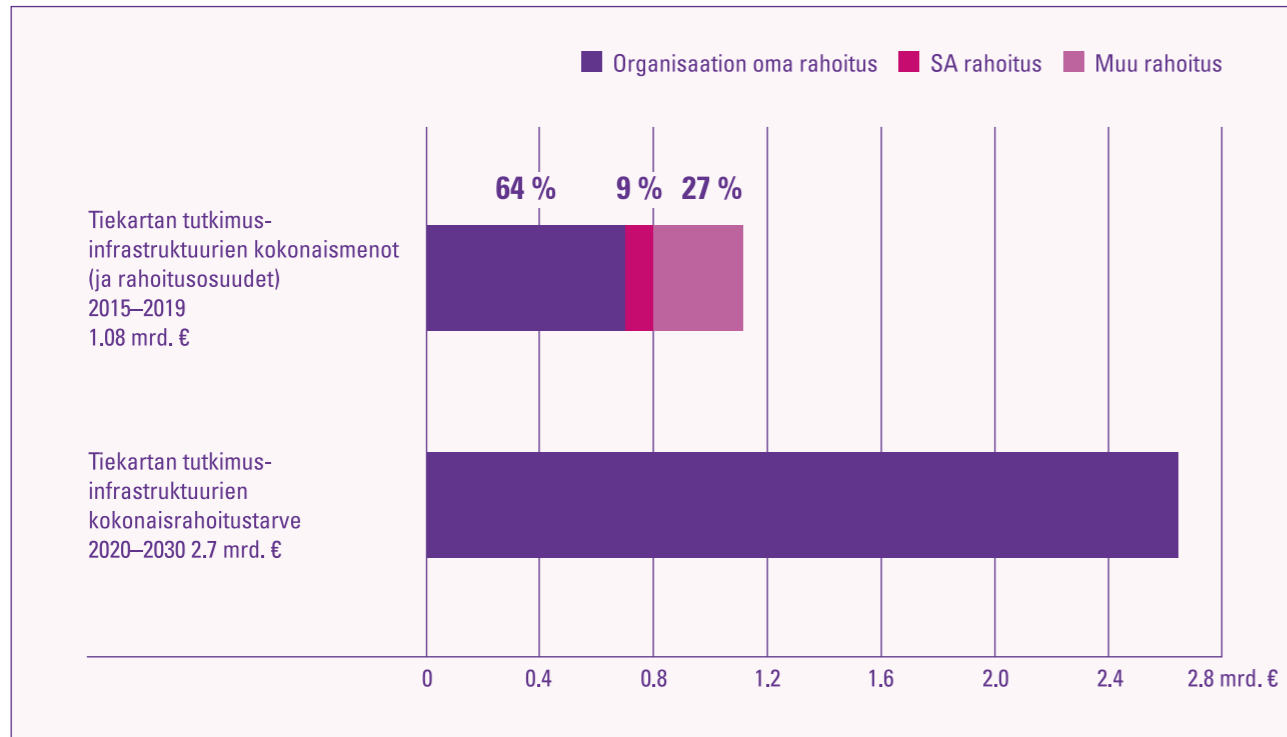
Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategiassa 2020–2030 Tutkimusinfrastruktuurikomitean kautta jaettavaa, niin kutsuttua FIRI-rahoitusta käsitellään ”Pitkäjänteisyys ja vastuullisuus” -kehittämisalueen puitteissa. Tavoitteena on, että strategiakauden aikana tuotetaan tutkimusinfrastruktuuritoimijoiden tueksi yhteistyössä kehitettyjä malleja ja kannusteita pitkäjänteisille, mutta samalla dynaamisille teknologia- ja rahoitusratkaisuille sekä rahoituspohjan laajentamiselle. Kehitystyössä on otettava huomioon hallituskaudet ylittävät rahoitusnäkökulmat. TIK on julkaissut linjauksen, jossa kuvataan Suomen Akatemian tutkimusinfrastruktuurirahoitusta ([FIRI-rahoitus](#))

TIK:in rooli tutkimusinfrastruktuurien rahoituksessa on ensisijaisesti tunnistaa ja valita parhaat tutkimusinfrastruktuurit, joita Suomen TKI-toiminta tarvitsee seuraavien 10–15 vuoden aikana. TIK:in tutkimusinfrastruktuurirahoituksen tavoitteena on edistää tutkimuksen laatua, uudistumista ja kilpailukykyä, vahvistaa tutkimusympäristöjen monimuotoista vaikuttavuutta sekä lisätä kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä. Rahoitus jakautuu hanketyyppiseen rahoitukseen ja kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien jäsenmaksu- rahoitukseen.

TIK tukee hankerahoituksen (FIRI-rahoitus) muodossa tutkimusinfrastruktuurien rakentamista tai päivittämistä vuosittain 20 miljoonalla eurolla. FIRI-rahoitusta ei ole tarkoitettu tutkimusinfrastruktuurin käyttökuluihin, ylläpitoon tai pysyväisluonteisiin toimintamenoihin. Rahoitettavien tutkimusinfrastruktuurien rahoituspohjan tulee olla kestävä ja rahoitussuunnitelman pitkäjänteinen. Tutkimusinfrastruktuurin rahoituksen ei tule nojata liian vahvasti Suomen Akatemian myöntämään kilpailtuun rahoitukseen. FIRI-rahoitus perustuu aina kansainväliseen vertaisarviointiin ja kilpailuun. Kansainvälisille jäsenyyksille ei ole erikseen korvamerkittyä osuutta. Lisäksi eduskunta on myöntänyt Suomen Akatemian kautta kertaluonteisia rahoituksia tutkimusinfrastruktuureille yhteensä noin 100 miljoonaa euroa. Näillä rahoituksilla on tuettu Suomen osallistumista EuroHPC-toimintaan sekä suunnattu tukea kansallisten ja paikallisten tutkimusinfrastruktuurien rakentamiselle ja kehittämiselle Suomen kestävä kasvun ohjelman elpymis- ja palautumissuunnitelman pohjalta.

TIK on yhdessä muiden rahoittajien kanssa rahoittanut tiekartan kansallisia tutkimusinfrastruktuureja kokonaisuudessaan 1 miljardilla eurolla vuosina 2015–2019. Tutkimusorganisaatioiden osuus on ollut yli 60 prosenttia kokonaisrahoituksesta. Tiekartan tutkimusinfrastruktuurien arvioitu kokonaisrahoitustarve vuosille 2020–2030 on 2,7 miljardia euroa (Kuva 6). Tämän lisäksi eduskunta on vuosittain myöntänyt Suomen Akatemialle noin 20 miljoonan euron rahoituksen tiettyjen kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien jäsenmaksujen kattamiseen.

FIRI-rahoituksella tuetaan myös infrastruktuurihankkeita, jotka eivät ole kansallisella tiekartalla. Niillä on luotu pohjaa kansainvälistymiselle ja kehitetty uusia palveluita monille tutkimusaloille.



Kuva 6. Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien rahoitus on yhteisrahoitteista. Tiedot pohjautuvat tiekartalle valittujen kansallisten tutkimusinfrastruktuurien hakemuksiin.

4. Kansainväliset tutkimusinfrastruktuurijäsenyydet

Suomen kansalliseen tutkimusinfrastruktuurikenttään kuuluu kiinteänä osana Suomen jäsenyys kansainvälisissä tutkimusinfrastruktuureissa (Taulukko 2). Suomi on tällä hetkellä jäsenenä 30 kansainvälisessä tutkimusinfrastruktuurissa. Niiden avulla suomalaisille tiede- ja yritys yhteisöille tarjotaan mahdollisuus käyttää sellaisia tutkimusinfrastruktuuripalveluja, joita ei olisi mahdollista tarjota ainoastaan kansallisin voimin. Kansainväliset tutkimusinfrastruktuurit ovat yhteistyöalusta kansainväliselle TKI-toiminnalle ja niiden kautta voidaan toteuttaa eri maiden välistä yhteistyötä ja tiedediplomatiaa. Suomen Akatemian kautta maksetaan suurin osa jäsenmaksuista, joita syntyy Suomen ollessa mukana kansainvälisissä tutkimusinfrastruktuureissa.

Suomi toimii isäntämaana kolmelle kansainväliselle tutkimusinfrastruktuurille, jotka ovat ICOS, Euro-Biolmaging ja LUMI. ICOS (Integrated Carbon Observation System) on kasvihuonekaasujen seurannan tutkimusinfrastruktuuri, Euro-Biolmaging biologisen kuvantamisen tutkimusinfrastruktuuri ja LUMI on supertietokone, joka sijaitsee CSC:n datakeskuksessa Kajaanissa. Valmistuessaan vuonna 2022 LUMI tulee olemaan Euroopan nopein ja maailman kolmanneksi nopein supertietokone. Lisäksi Suomi on valmistautunut toimimaan ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure) -tutkimusinfrastruktuurin isäntämaana. ACTRIS tuottaa tietoa pienhiukkasista, pilvistä ja hivenkaasuista. Kaikki edellä mainitut tutkimusinfrastruktuurit on rakennettu EU:n ja eurooppalaisten valtioiden yhteisrahoituksen turvin.

Taulukko 2. Taulukossa on listattu aloittain 30 kansainvälistä tutkimusinfrastruktuuria, joissa Suomi on jäsenenä (tilanne vuonna 2021). Taulukosta puuttuu AnaEE ERIC, joka perustettiin 2022 ja johon Suomi liittyi perustajajäsenenä. EuroHPC sisältää LUMI supertietokoneen. (TEM: tutkimusinfrastruktuurit, joiden jäsenmaksun maksaa työ- ja elinkeinoministeriö; LVM: tutkimusinfrastruktuurit, joiden jäsenmaksun maksaa liikenne- ja viestintäministeriö).

Bio- ja terveys-tieteet (8)	E-tutkimusinfrastruktuurit ja matematiikka (4)	Fysikaaliset tieteet, tekniikka ja energia (9)	Yhteiskunta- ja humanistiset tieteet (3)	Ympäristö-tieteet (6)
BBMRI-ERIC Biobanking and Biomolecular Resources RI	EuroHPC JU European high performance computing	CERN European Organization for Nuclear Research	CESSDA Consortium of European Social Science Data Archives	EISCAT (+3D) European Incoherent Scatter Association
EATRIS European Advanced Translational Research Infrastructure	IML Mittag-Leffler Institute	EFDA-JET Joint European Torus, TEM	CLARIN Common Language Resource and Technology Infrastructure	EURO-ARGO ERIC European contribution to the ARGO Program, LVM
ELIXIR European life science infrastructure for biological information	NeIC Nordic e-Infrastructure Collaboration	ESA European Space Agency, TEM	ESS European Social Survey	GBIF Global Biodiversity Information Facility
EMBL incl. EMBC European Molecular Biology Laboratory	PRACE Partnership for Advanced Computing in Europe	ESO European Southern Observatory		ICDP International Continental, Scientific Drilling Program
EU-OPENSREEN European high-capacity screening network		ESRF European Synchrotron Radiation Facility		ICOS Integrated carbon observation system (Hosting country)
Euro-Biolmaging European Research Infrastructure for biomedical Imaging (Hosting country)		FAIR Facility for Antiproton and Ion Research		IODP Integrated Ocean Drilling Program
INFRAFRONTIER The European Infrastructure for phenotyping and archiving of model mammalian genomes		ITER International Thermonuclear Experimental Reactor, TEM		
INSTRUCT-ERIC Integrated Structural Biology Infrastructure		JHR MTR Jules Horowitz Materials Testing Reactor, TEM		
		MAX IV Synchrotron Radiation Facility		

Kansainväliset sopimukset

Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien toimintaan liittyy usein myös kansainvälistä yhteistyötä, mitä määritellään yleensä sopimuksin. Sopimukset asettavat omistajuudelle reunaehdoja ja määrittelevät omistajuuden tavoitteita. Kansainväliset tutkimusinfrastruktuurijäsenyydet perustuvat valtioiden tai organisaatioiden välisiin sopimuksiin. Suomen valtion liittyminen kansainvälisen tutkimusinfrastruktuurin jäseneksi tapahtuu valtioneuvoston päätöksellä. Valtioneuvoston päätöksellä on liitytty jäseneksi kansainvälisiin organisaatioihin, kuten CERN, ja ERIC (European Research Infrastructure Consortium) -oikeushenkilömuotoisiin tutkimusinfrastruktuureihin. Lisäksi kansainvälisiä tutkimusinfrastruktuureja perustetaan muin sopimuksin, joissa sopijaosapuolina ovat esimerkiksi tutkimusinfrastruktuurin isäntäorganisaatiot, ei Suomen valtio.

Kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien rahoitus koostuu jäsenmaksuista, jäsenmaiden omahoitosuuksista sekä ulkopuolisesta rahoituksesta, kuten EU-rahoituksesta. Suomessa rahoitus järjestetään yhteistyössä osapuolten kesken. Suomen Akatemia voi sitoutua maksamaan jäsenmaksun (yleensä viideksi vuodeksi kerrallaan) ja tutkimusinfrastruktuureja isännöivät organisaatiot vastaavat muista kustannuksista keskenään sopimallaan tavalla. Organisaatiot voivat myös hakea rahoitusta Suomen Akatemian tutkimusinfrastruktuurihauista (FIRI) tutkimusinfrastruktuurin rakentamiseen tai päivittämiseen. FIRI-rahoituksen saaminen perustuu aina kansainväliseen vertaisarviointiin ja kilpailuun, eikä kansainvälisille infrastruktuureille ole etukäteen korvamerkittyä osuutta.

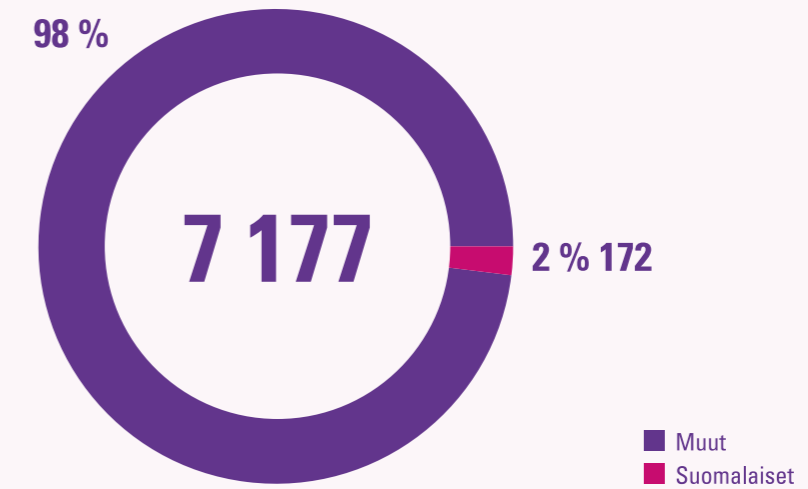
Keväällä 2020 kartoitettiin, mitä hyötyjä kansainvälisistä tutkimusinfrastruktuurijäsenyyksistä on Suomelle. Kartoituskysely laadittiin yhteistyössä Suomen Akatemian ruotsalaisen (Vetenskapsrådet) ja hollantilaisen (NWO) sisarorganisaation kanssa. Yhteinen kysely lähetettiin tutkimusinfrastruktuureille, joissa kukin maa on jäsen. Kyselyllä kerättiin tietoa muun muassa henkilöstöstä, julkaisumääristä, kulurakenteesta ja tutkimusinfrastruktuurin tarjoamasta koulutuksesta. Kyselyyn osallistui kaikkiaan 26 tutkimusinfrastruktuuria, joissa Suomi on jäsen. Tietoja kerättiin vuosilta 2016–2019.

Kartoituksen perusteella tutkimusinfrastruktuureilla on merkittävä rooli työnantajina ja uusien urapolkujen luojina. Tutkimusinfrastruktuurien ylläpitämisessä tarvitaan niin tieteellistä, teknistä kuin hallinnollista ja taloudellista osaamista. Euroopan komissio on järjestänyt tutkimusinfrastruktuurihenkilöstölle koulutusta muun muassa puiteohjelmärahoituksen kautta. Osaaminen on myös yksi Suomen kansallisten tutkimusinfrastruktuu-

rien strategian 2020–2030 kehittämisalueista. Rahoitettujen hankkeiden kautta seurataan, miten osaaminen kehittyy Suomessa toimivissa tutkimusinfrastruktuureissa. Kansainvälisille tutkimusinfrastruktuureille suunnatun kyselyn perusteella tutkimusinfrastruktuurit työllistävät yli 7000 henkilöä, joista noin kaksi prosenttia on suomalaisia (Kuva 7).

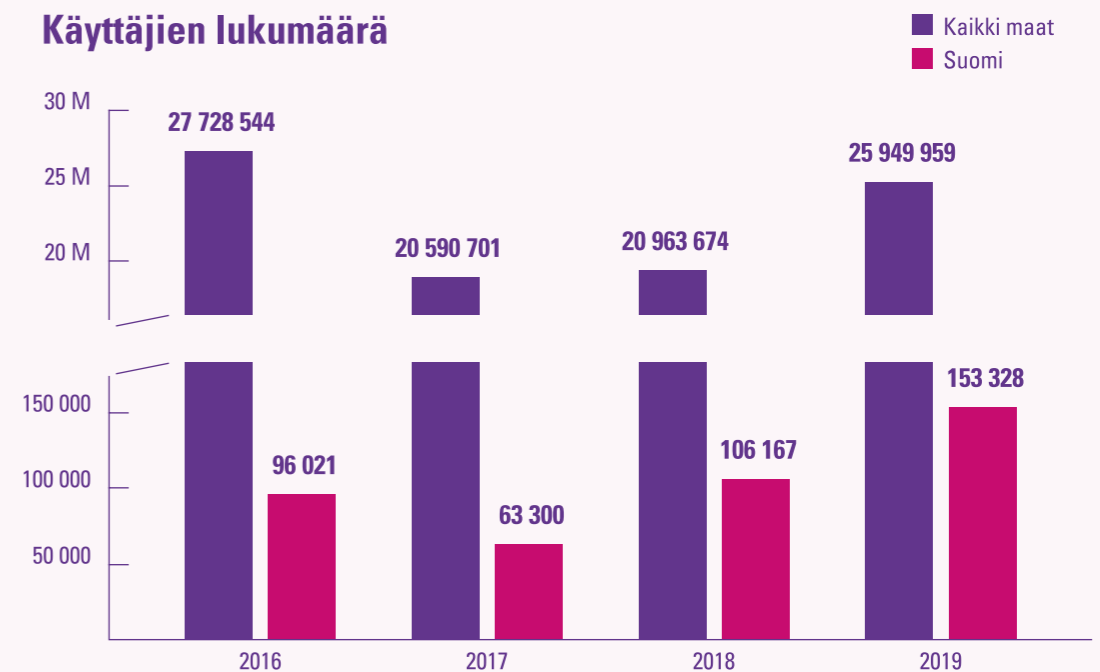
Tutkimusinfrastruktuureja käyttävät sekä julkisen että yksityisen puolen toimijat. Käyttäjät voivat olla henkilöitä tai tutkimusryhmiä, jotka käyttävät tutkimusinfrastruktuurin tarjoamaa palvelua fyysisesti läsnä olevina tai etäyhteydellä. Useimpien tutkimusinfrastruktuurien palveluvalikoimaan kuuluu myös tietoaineistojen jakaminen. Tällöin käyttö rekisteröidään esimerkiksi IP-osoitteen tai sisäänkirjautumisen avulla. Kansainvälisille tutkimusinfrastruktuureille suunnatun kyselyn perusteella niillä oli vuosittain 20–28 miljoonaa käyttäjää vuosina 2016–2019. Suomalaisen käyttäjien vuosittainen määrä vaihteli tutkimusinfrastruktuureittain 60 000 käyttäjästä aina 150 000 käyttäjään asti (Kuva 8).

Työntekijöiden lukumäärä kansainvälisissä tutkimusinfrastruktuureissa



Kuva 7. Kyselyn kohteina olevissa tutkimusinfrastruktuureissa työskentelevien työntekijöiden lukumäärä. Lukumäärä kuvaa vuoden 2019 työntekijämäärää.

Käyttäjien lukumäärä



Kuva 8. Käyttäjämäärät kansainvälisissä tutkimusinfrastruktuureissa vuosina 2016–2019.

5. Kansallinen tutkimusinfrastruktuurien tiekartta 2021–2024

Opetus- ja kulttuuriministeriö (Suomen Akatemia) ja työ- ja elinkeinoministeriö rahoittavat kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien (esimerkiksi CERN ja ESA, katso myös Taulukko 1) jäsenmaksuja vuosittain noin 40 miljoonalla eurolla. Suomi edistää myös Euroopan suurteholaskennan (EuroHPC) rakentamista merkittäväällä panostuksella.

Taulukossa 3 on esitetty 24 kansainvälisen tutkimusinfrastruktuurin Suomi-kohtaisia tunnuslukuja. Tiedot pohjautuvat kyselyyn, joka toteutettiin vuonna 2020 yhteistyössä Suomen Akatemian ruotsalaisen (Vetenskaprådet) ja hollantilaisen (The Dutch Research Council NWO) sisarorganisaation kanssa.

Taulukko 3. Taulukossa on listattu niiden kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien jäsenmaksut, jotka maksaa Suomen Akatemia.

Kansainvälinen tutkimusinfrastruktuuri	Vuodet	Suomen jäsenmaksut (kEuro)	Suomen osuus jäsenmaksuista (%)	Jäsenmaksutulojen kokonaismäärä (kEuro)	Kokonaismäärä jetti (kEuro)	Jäsenmaksutulojen osuus kokonaismäärästä (%)
BBMRI-ERIC	2016–2019	202	3 %	7 623	9 741	78 %
CERN	2017–2019	40 057	1,20 %	3 220 223	3 565 260	90 %
CESSDA	2016–2019	29* (2017-2019)	0,50 %	7 768	8 343	93 %
CLARIN	2016–2018	82	3 %	3 194	3 406	94 %
EATRIS	2016–2018	350	8 %	4 206	5 122	82 %
EISCAT (+3D)	2016–2018	1 125	6 %	19 421	19 471	99,70 %
ELIXIR	2016–2018	232	1,50 %	15 682	18 739	84 %
EMBL	2016–2018	4 290	1,30 %	321 153	723 00	44 %
ESO	2016–2019	9 467	1,20 %	815 897	895 316	91 %
ESRF	2016–2018	2431	0,9 %	277 146	368 550	71,70 %
ESS	2017–2018	94	2 %	5 433	6 166	88 %
EU-OPENSCREEN	2018	62	7 %	948	1 114	85 %
Euro-Biolmaging	2019	0	0 %	617	617	100 %
FAIR	2016–2019	23* (only 2019)	0,01 %	641 746	642 388	99,90 %
GBIF	2016–2019	269	N/A	N/A	N/A	N/A
ICDP	2016–2019	104	0,80 %	12 872	14 654	88 %
ICOS	2017–2018	139	0,50 %	29 631	48 984	60 %
IML	2018	50	5 %	1 043	1 661	63 %
INFRAFRONTIER	2018–2019	61	N/A	N/A	N/A	N/A
Instruct-ERIC	2016–2019	79	2 %	3 503	4 256	82 %
IODP	2016–2019	279	0,50 %	61 782	104 333	59 %
MAX IV	2017–2019	729	0,70 %	111 282	111 756	99,60 %
NeIC	2016–2018	1 096	N/A	N/A	13 735	N/A
PRACE	2016–2019	611	N/A	N/A	N/A	N/A

Suomen Akatemia avasi [Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategian 2020-2030](#) pohjalta tiekarttahaun vuonna 2020. Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartta on osa [Kansallisen tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden \(TKI\) tiekartan](#) toimenpiteitä, ja se tukee osaltaan uutta kumppanuusmallia.

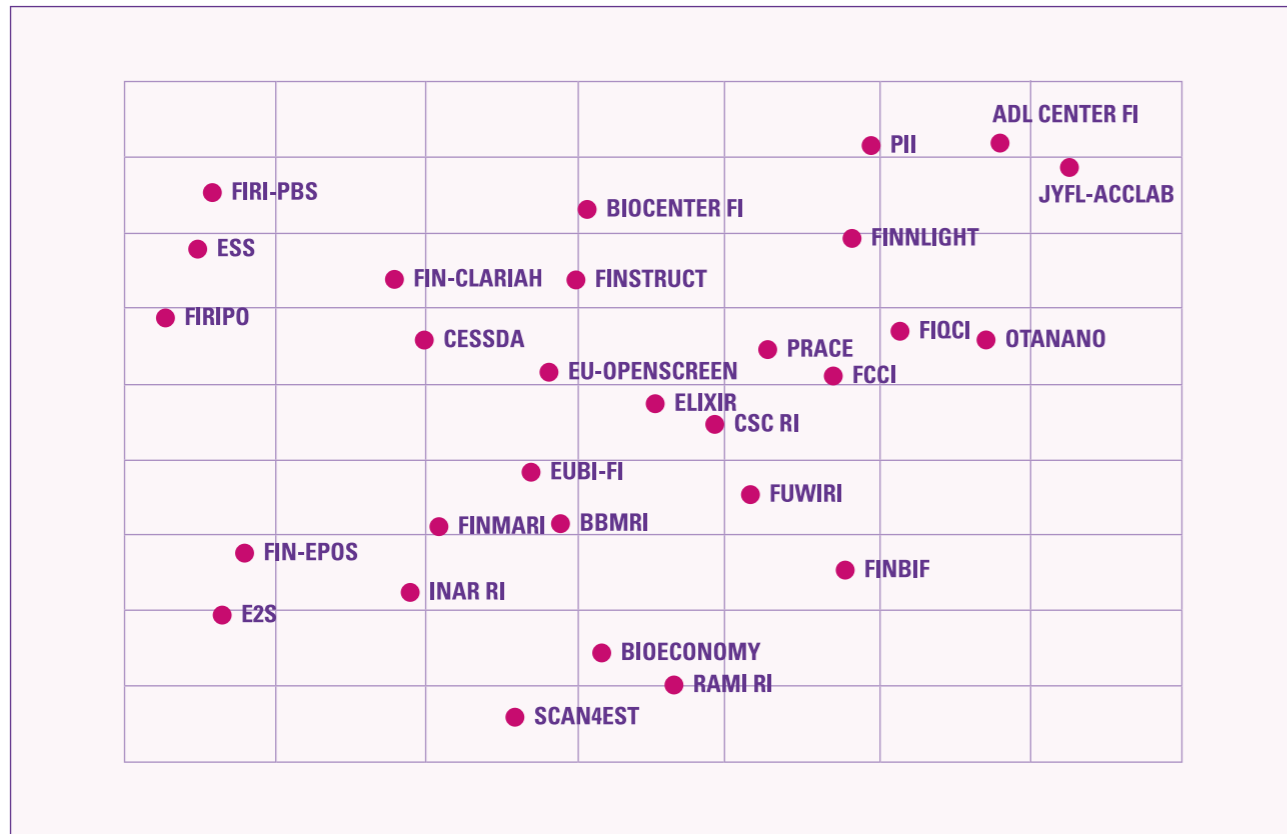
Suomen kansalliselle tiekartalle valittiin 29 tutkimusinfrastruktuuria vuosiksi 2021–2024. Tiekarttapäätöksiä tehtäessä otettiin huomioon tutkimusinfrastruktuurin odotettu vaikutus kansalliseen ja kansainväliseen tutkimusinfrastruktuuriin ja kansalliset

näkökulmat liittyen muun muassa Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategiassa 2020–2030 mainittuihin kehittämisalueisiin. Päätökset pohjautuivat strategisten kehittämistavoitteiden lisäksi myös kansainvälisen vertaisarvioinnin tulokseen, tutkimusorganisaatioiden strategiseen sitoutumiseen ja Suomen Akatemian tieteellisten toimikuntien kannanottoihin.

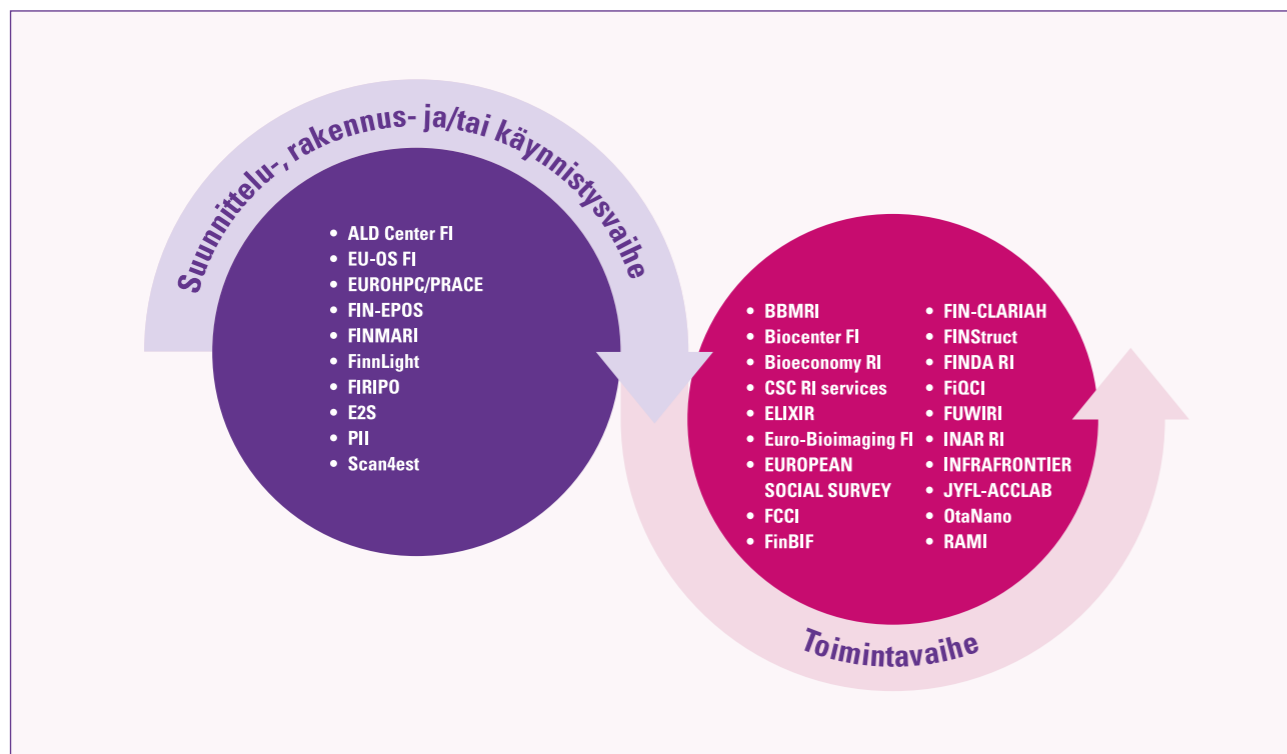
Tiekartalle valitut tutkimusinfrastruktuurit sijoittuvat useille eri tieteenaloille (Kuvat 9 ja 10).



Kuva 9. Tutkimusinfrastruktuurien nimeämien tieteenalojen pohjalta tehty sanapilvi. Hakemukseen voi nimetä 1–5 tutkimusalaa. Vaikka jotkin laajat alat, kuten kemia tai ekologia, ovat yleisesti edustettuina tutkimusinfrastruktuurien tieteellisessä kirjossa, tiekartan tutkimusinfrastruktuurit tukevat myös hyvin laajasti monia eri tieteenaloja Suomessa.



Kuva 10. Tiekartan tutkimusinfrastruktuurit on sijoitettu kuvaan tiekarttihakemuksessa lueteltujen tutkimusalatietojen pohjalta. Hakemukseen voi nimetä 1–5 tutkimusalaa. Mitä enemmän samoja tutkimusaloja kahden tutkimusinfrastruktuurin tiekarttihakemukseen on nimetty, sitä lähempänä toisiaan tutkimusinfrastruktuurit ovat kuvassa. Etäisyyksiä tulkittaessa on tarpeen huomioida, että aineistokoko on 29. Kuva on näin ollen vain suuntaa antava.



Kuva 11. Tiekartan tutkimusinfrastruktuurit jaoteltuina elinkaaren vaiheen mukaan. Tutkimusinfrastruktuurit ovat itse määritelleet elinkaarensa vaiheen tiekarttihakemuksessa.

Tiekartalle valituista tutkimusinfrastruktuureista kymmenen on rakennus- tai käynnistysvaiheessa ja 19 toimintavaiheessa (Kuva 11). Kansallisista tiekartan tutkimusinfrastruktuureista kymmenen kuuluu kansainvälisiin tutkimusinfrastruktuuriverkostoihin, joissa Suomi on valtion tasolla jäsenenä.

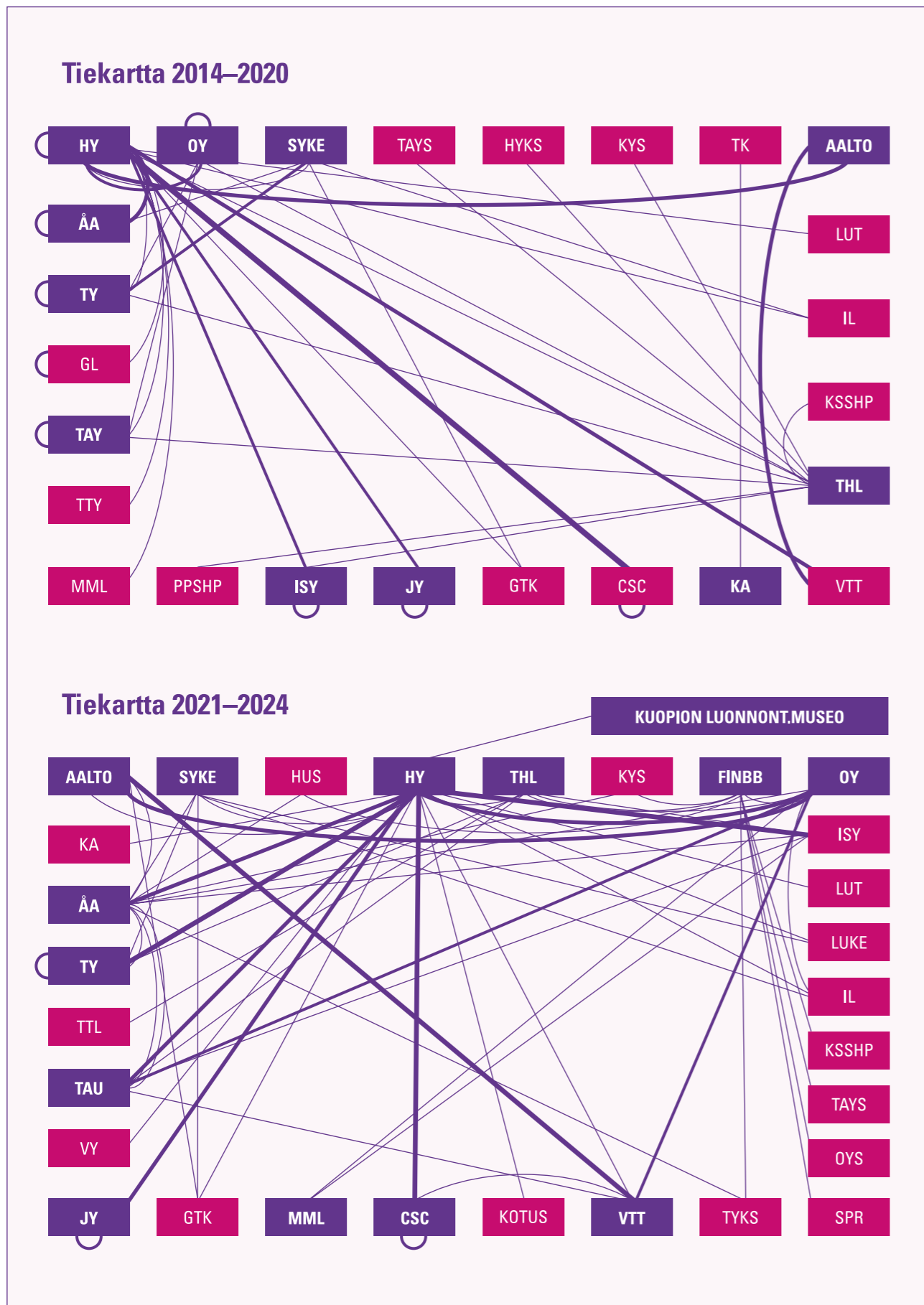
Tutkimusinfrastruktuurien omistajaorganisaatioiden välinen yhteistyö lisääntyi tiekarttakauden 2014–2020 aikana. Vuonna 2014 julkaistun tiekartan 32 tutkimusinfrastruktuuria olivat 25 eri tutkimusorganisaation omistuksessa, kun taas nykyisen tiekartan 29 tutkimusinfrastruktuuria ovat 30 tutkimusorganisaation omistamia (Kuva 12).



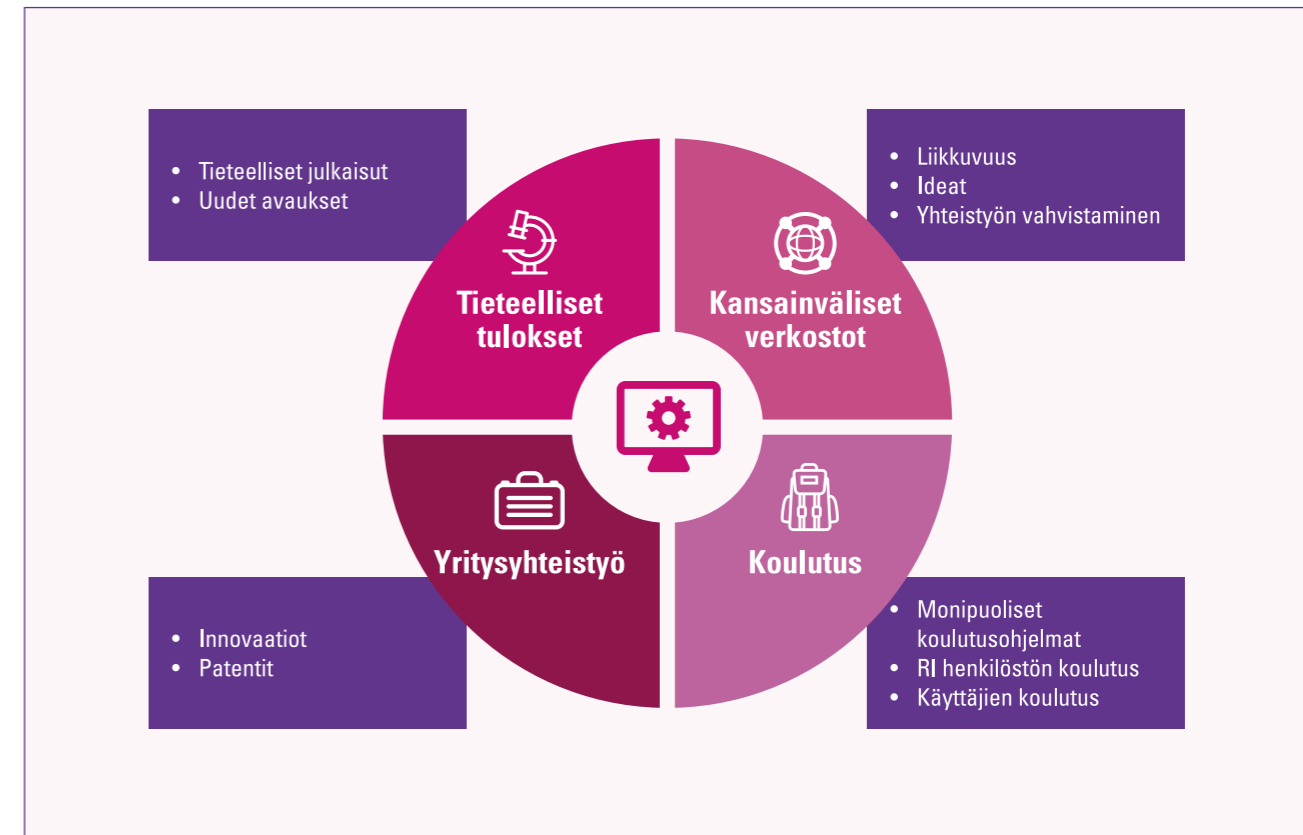
Kuva 12. Tutkimusinfrastruktuurien omistajaorganisaatioiden lukumäärä on kasvanut, vaikka tiekartalla olevien tutkimusinfrastruktuurien lukumäärä on vähentynyt.

Tutkimusorganisaatioiden välisten yhteyksien lukumäärää tarkasteltaessa on nähtävissä yhteyksien merkittävä lisääntyminen tiekarttakausien välillä samalla, kun organisaatioiden lukumäärä tutkimusinfrastruktuurien omistajina on lisääntynyt viidellä organisaatiolla

(Kuva 13). Tarkasteltaessa organisaatioiden määriä on hyvä huomioida myös muutokset niiden rakenteissa, kuten Tampereen yliopiston ja Tampereen teknillisen korkeakoulun yhdistyminen.



Kuva 13. Tutkimusorganisaatioiden väliset yhteydet ovat lisääntyneet. Mitä paksumpi viiva yhdistää organisaatioita sitä useamman tutkimusinfrastruktuurin ne omistavat yhteisesti. Kaariviiva kertoo, että organisaatiolla on tutkimusinfrastruktuuri, jonka se omistaa yksin. Isäntäorganisaatiot on merkitty sinisellä laatikolla. (Geodeettinen laitos, GL, yhdistyi Maanmittauslaitokseen, MML, 2015.)



Kuva 14. Tutkimusinfrastruktuurien vaikuttavuus ulottuu monelle yhteiskunnan saralle pitkällä aikavälillä.

Useat tiekartan tutkimusinfrastruktuurit järjestävät koulutusta käyttäjäkunnalleen tehostaakseen infrastruktuurin käyttöä. Sen lisäksi ne ovat usein suomalaisten ja ulkomaisten korkeakoululaitosten yhteistyökumppanina ja osana ylempien korkeakoulututkimusten koulutusohjelmia ja -projekteja. Ne laativat koulutusta ja koulutusmateriaaleja myös verkoon ja tarjoavat toisen asteen oppilaitoksille kurseja tutkimusinfrastruktuurin toimintaan liittyvillä aloilla.

Noin 50 prosentilla tiekartan tutkimusinfrastruktuureista on merkittävää yritysyhteistyötä. Tutkimusinfrastruktuurit toteuttavat yritysyhteistyötä karkeasti jaoteltuna kahdella tapaa: yritykset käyttävät tutkimusinfrastruktuuripalveluita joko suoraan tai välillisesti tutkimusyhteistyön kautta, tai yritykset, erityisesti startup-yritykset, pohjaavat toimintansa tutkimusinfrastruktuurien tarjoamiin teknologioihin. Suurimmat yritysyhteistyötä harjoittavat tutkimusinfrastruktuurit sijoittuvat bio- ja lääketieteiden, data- ja laskentatieteiden sekä fysikaalisten tieteiden aloille. Näissä

yritysyhteistyökumppanuuksissa toimii vuositasolla useita satoja yrityksiä aina kansainvälisistä suuryrityksistä, kuten Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, AstraZeneca plc, Bayer AG, Dell Inc. ja Vaisala Oyj, Suomessa perustettuihin startup-yrityksiin, kuten Bluefors Oy, Herantis Pharma Oyj, Infinited Fibre Company Oy ja RECENART Oy.

Tutkimusinfrastruktuureilla on merkittävä rooli kansallisten ja kansainvälisten hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisessa. Ilmastonmuutoksen ja ympäristön monimuotoisuuden seuraaminen olisi mahdotonta ilman korkeatasoisia tutkimusinfrastruktuureja. Toisaalta taas tutkimusinfrastruktuurien rakentaminen ja käyttö myös kuormittavat ympäristöä. Vastuullisuus ja kestävä kehitys onkin yksi kuudesta kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategiaan 2020–2030 nimetystä strategisesista kehittämisalueista.

Suomen kestävä kasvun ohjelman elpymis- ja palautumissuunnitelmaan (RRP; Recovery and Resilience Plan) sisältyvä tutkimusinf-

rastrukturikokonaisuus pyrkii edistämään tutkimusinfrastruktuurien uudistamista ja kehittämistä vihreän ja digitaalisen siirtymän tavoitteita painottaen. Tutkimusinfrastruktuurien toimia vihreässä siirtymässä kysyttiin toimintasuunnitelmaohjeessa ensimmäistä kertaa kevään 2021 FIRI-rahoitushaussa. Tuolloin myönnettävänä olleesta 50 miljoonan kokonaisuudesta 20 miljoonaa euroa oli Suomen elpymis- ja palautumissuunnitelman kautta saatua rahoitusta (RRF; Recovery and Resilience Fund).

Tietoja tutkimusinfrastruktuurien vihreän siirtymän toimista kerättiin tiekartan tutkimusinfrastruktuureille ja kansainvälisille tutkimusinfrastruktuurijäsenyksille suunnatussa FIRI2021-haussa jätetyistä hakemuksista (N=36). Vihreää siirtymää koskeviin kysymyksiin annetut vastaukset voitiin koota seitsemään eri teemaan:

- Matkustaminen/siirtymät
- Hankinnat/laitteet
- Kasvihuonekaasut/hiilidioksidipäästöt (kvantifiointi & kompensointi)
- Jäte & kierrätys
- Rakennukset
- Tuotettu tieto
- Yleinen/muu

Yleisimmät tutkimusinfrastruktuurien kuvaamat toimet liittyivät tutkimusinfrastruktuurilla tuotettuun tutkimustietoon ja sen sovelluksiin sekä tutkimusinfrastruktuurin etäkäyttömahdollisuuksiin. Lisäksi monet tutkimusinfrastruktuurit huomioivat laitehankinnoissa energiatehokkuuden, monikäyttöisyyden ja kierrätettävyyden. Omistajaorganisaatioiden linjaukset, muun muassa hiilijalanjäljen mittaamiseen ja pienentämiseen liittyvät periaatteet, ohjaavat merkittävästi tutkimusinfrastruktuurien toimintaa vihreässä siirtymässä.

6. Tiekartan 2021–2024 tutkimusinfrastruktuurien kuvaukset

Tehoseulontalaitteistoa Suomen molekyyli lääketieteen instituutissa (FIMM) Helsingin yliopistossa.
Kuva: FIMM, Helsingin yliopisto.

Avoin eurooppalainen kemikaalibiologinen tehoseulonta-keskusinfrastruktuuri EU-OPENSREEN Suomi

(European Infrastructure of Screening Platforms for Chemical Biology EU-OS Finland)

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.eu-openscreen.eu/
- **Vastuutaho (organisaatio):** Helsingin yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Turun yliopisto, Åbo Akademi, CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy

EU-OPENSREEN (EU-OS) on ollut eurooppalainen tutkimusinfrastruktuurikon-sortio (ERIC) vuodesta 2018 lähtien. Se koostuu kahdeksasta eurooppalaisesta jäsenmaasta, Suomi mukaan luettuna. EU-OS kokoaa yhteen parhaita eurooppalaisia seulonnan ja lääkekemian alustoja luodakseen hajautetun infrastruktuurin kemiallista biologiaa varten. Konsortio tarjoaa tutkijoille infrastruktuureja ja teknologioita uusien bioaktiivisten pienmolekyyliyökalujen, kuten kemiallisten antureiden kehittämiseen kaikkien biotieteiden alojen hyödyksi. EU-OSilla on ainutlaatuinen eurooppalainen yhdistekokoelma ja avoin kemiallisen biologian tietokanta. Tiedeyhteisö voi perehtyä perusteellisesti EU-OSn tietoihin tutkimusinvestointien tieteellisen, koulutuksellisen ja yhteiskunnallisen vaikuttavuuden maksimoimiseksi.

Helsingin yliopiston alaisuudessa toimiva ESFRI-yksikkö, EU-OPENSREEN FI (EU-OS FI), liittyi EU-OSiin perustajajäsenenä. EU-OS FIhin kuuluu tällä hetkellä kaksi hyväksyttyä EU-OS-kumppaniyksikköä Helsingin yliopistossa: 1) Suomen molekyyli lääketieteen instituutin suurikapasiteettisen biolääketieteen yksikkö (suurikapasiteettisen kuvantamisen kumppanilaitos) ja 2) Farmasian tiedekunta (kuvantamisen erikoistunut kumppanilaitos). EU-OS FI -konsortioon kuuluvat myös Turun kuvantamisyksikkö (Turun yliopisto ja Åbo Akademi) ja CSC, jotka tukevat Suomen kumppanilaitoksia datanhallinnassa.

EU-OSn erittäin tehokas, laaja-alainen ja koordinoitu työkaluyhdistelmä pitää sisällään osuimien kemiallisen optimoinnin. Se toimii synergisesti kokeiden kehittämisen, virtuaalisen seulonnan, bioprofiloinnin, tunnetun lääkeaineen uuteen

tarkoitukseen testaamisen, yksilöllisen lääketieteen ja muiden toisiinsa liittyvien kansallisten tutkimus- ja kehityspalvelujen kanssa. EU-OS vahvistaa kansallisten investointien vaikuttavuutta eurooppalaisessa mittakaavassa ja tarjoaa Suomen kemisteille ja biologeille pääsyn laajempaan eurooppalaiseen seulonta-alustaverkostoon. Lisäksi EU-OS tarjoaa käyttäjäverkostolle pääsyn seulontalaitteille Suomessa. Suomen aktiivinen osallistuminen EU-OPENSREEN-konsortioon tarjoaa kotimaisille tutkijoille erinomaisia mahdollisuuksia korkealaatuisiin tutkimusläpimurtoihin, innovaatioihin, pääsyn ainutlaatuisen kemialliseen kirjastoon sekä teknologioihin ja palveluihin, joita ei ole tällä hetkellä saatavilla Suomessa. Lisäksi EU-OS tarjoaa tutkijoille yhteistyömahdollisuuksia tulevien hankkeiden kautta.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Avoin pääsy Euroopan johtaviin kuvantamisen ja lääkekemian tutkimusinfrastruktuureihin. EU-OSn hajautetun luonteen ansiosta käyttäjät voivat hyödyntää sen kumppanilaitosten täydentävää asiantuntemusta ja teknologioita suurikapasiteettisessa kuvantamisessa, erikoiskuvantamisessa ja lääkekemiassa. EU-OS tarjoaa pääsyn kemialliseen tietämykseen, välineistöön ja asiantuntemukseen eri puolilta Eurooppaa, jolloin käyttäjät voivat valita kumppanin tai kumppaniyhdistelmät, jotka sopivat heidän hanketarpeisiinsa.
- Avoin pääsy monipuoliseen Euroopan kemiallisen biologian kirjastoon (ECBL). EU-OSn yhdistekokoelma koostuu: 1) 100 000 yhdisteen monipuolisesta kokoelmasta, 2) kemistien ja farmakologien joukkoistetuihin akateemisiin yhdisteistä, 3) 5 000 yhdisteen pilottikirjastosta, johon sisältyy 2 500 tunnettua bioaktiivista molekyyliä ja 4) 1 000 fragmentin kirjastosta.
- Avoin pääsy EU-OS-bioaktiivisuustietokantaan. EU-OS edistää datan edelleen hyödyntämistä asettamalla tutkimustulokset saataville avoimessa Euroopan kemiallisen biologian tietokannassa (ECDB) sen jälkeen, kun käyttäjille on asetettu kohtuullinen lisäaika teollis- ja tekijänoikeuksien turvaamiseen. Tietojen jakaminen tapahtuu FAIR-tietoperiaatteiden mukaisesti, jolloin korkeakoulujen, pk-yritysten ja teollisuuden eri yhteisöt voivat hyötyä EU:n toimista.

Biokeskus Suomi

(Biocenter Finland BF)



Biokeskus Suomi laboratorio.

Kuva: Biokeskus Suomi.

Biokeskus Suomi on hajautettu kansallinen tutkimusinfrastruktuuri, joka tukee biotieteiden eturintamassa olevaa tutkimusta, innovointia sekä tiedemaailman ja teollisuuden yhteistyötä. Se on 17 000 tutkijan avoimesti käytettävissä niin yliopistoista, tutkimuslaitoksista, biopankeista, sairaaloista kuin teollisuudesta. Biokeskus Suomi koordinoi kansallisesti merkittävien tutkimusinfrastruktuurien investointeja ja toimintaa sekä edistää vastuunjakoja ja yhteisiä investointeja Itä-Suomen yliopiston, Oulun yliopiston, Tampereen yliopiston, Turun yliopiston ja Åbo Akademin strategioihin perustuvan pitkän aikavälin suunnitelman mukaisesti.

Biokeskus Suomi on järjestäytyneet 15:lle yliopistojen biokeskuksissa sijaitsevalle teknologia-alustalle. Alustojen toimeksianto on nelivuotinen, ja alusta voidaan uusia Biokeskus Suomen kansainvälisen tieteellisen neuvoo-antavan lautakunnan arvioinnin perusteella. Lautakunta myös hyväksyy uudet alustat tieteen uudistamistarpeiden mukaan. Nykyisiä alustoja ovat biologinen kuvantaminen, biopankiteknologiat, bioinformatiikka, lääkkeiden keksiminen ja kemiallinen biologia, genomilajuiset menetelmät, FinGMice, metabolomiikka, kansallinen kasvien

fenotyypaus, muiden kuin nisäkkäiden malliorganismit, proteomiikka, reaaliaikainen kuvantaminen, yksisolu-genomiikka, kantasolut ja genomin muokkaus, rakennebiologia sekä viruspohjainen geenien siirto ja soluhoido.

Teknologiapalvelut ovat edistäneet yhteistyötä useiden suomalaisten ja kansainvälisten yritysten kanssa ja vaikuttaneet tutkimusinnovaatioiden muuttamiseen lääkkeiksi, diagnostiikaksi ja palveluiksi.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut:

- Bioinformatiikka
- Biologinen kuvantaminen
- Lääkkeiden keksiminen ja kemiallinen biologia
- Genomin muokkaus
- Genominlaajuiset menetelmät
- Hiirimallit
- Muiden kuin nisäkkäiden malliorganismit
- Proteomiikka
- Metabolomiikka
- Reaaliaikainen kuvantaminen
- Kantasolut
- Yksisolu-genomiikka
- Rakennebiologia
- Virusperäinen geeninsiirto ja soluhoido.

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.biocenter.fi
- Vastuutaho (organisaatio): Helsingin yliopisto
- Muut tahot (organisaatiot): Tampereen yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Oulun yliopisto, Turun yliopisto, Åbo Akademi



Eurooppalainen bioinformatiikan tutkimusinfrastruktuuri ELIXIR Suomi

(European Life-Science Infrastructure for Biological Information – The Finland ELIXIR Node)

ELIXIR Suomi on kansallisesti merkittävä biotieteiden tutkimusinfrastruktuuri. Se on mukana Suomen Akatemian tutkimusinfrastruktuurien tiekartalla. ELIXIR Suomi on osa ELIXIRia, biologisen tiedon eurooppalaista infrastruktuuria (www.elixir-europe.org), joka kokoaa yhteen eurooppalaisia biotieteiden resursseja. ELIXIR Suomen toiminnasta vastaa CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy, joka on yksi Pohjois-Euroopan suurimmista tieteellisistä laskentakeskuksista.

ELIXIR tarjoaa eurooppalaisen strategian biologisten tietoresurssien pitkän aikavälin kestävyteen kaikissa jäsenvaltioissa. ELIXIRin avulla bioinformatiikan käyttäjät yliopistoissa ja teollisuudessa voivat käyttää uudelleen tutkimuksen kannalta tärkeitä tietoja ja käyttöön liittyviä palveluja. ELIXIR kehittää yhteistyössä kansainvälisten kumppaneiden kanssa biotieteen aineistojen yhteentoimivuutta eurooppalaisen avoimen tieteen pilvipalvelun puitteissa. Osana kansallista

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.elixir-finland.org
- Vastuutaho (organisaatio): CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy

ELIXIR Suomi - CSCn datakeskus.

Kuva: CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy.

tiekarttaa tarjottavat palvelut ovat siten suomalaisille tutkijoille yhdenmukaisia eurooppalaisten datainfrastruktuurien tavoitteiden ja strategian kanssa.

ELIXIR Suomen kehittämisohjelma edistää CSCn osaamista terveystiedon ja biologisen tiedon hallinnassa. Kehittämisohjelma varmistaa CSCn palvelujen erikoistumisen ja yhteentoimivuuden Euroopan infrastruktuurin kanssa. ELIXIR Suomi on erikoistunut turvalliseen ihmisaineistoon yhdistettynä suurteholaskentaan, kuten turvallisiin tieteellisiin pilvi- ja tallennuspalveluihin, kansainvälisiin käyttäjän todentamis- ja datapalveluihin sekä biotiedeyhteisöille suunnattuun koulutukseen.

ELIXIR Suomen pitkän aikavälin visio on olla johtava tutkimustiedon hallintainfrastruktuuri, joka mahdollistaa maailmanluokan bioinformatiikan ja uudenlaiset data-analyysit erityisesti ihmisaineistosta. ELIXIR Suomi toteuttaa esimerkiksi yhdessä ELIXIR Tšekin kanssa ELIXIR AAI:n, joka on ELIXIR Compute Platform -palvelu tutkijoiden todentamiseen ja yleiseurooppalaisten ELIXIR-palvelujen saatavuuden hallintaan. Vuoden 2020 lopussa 5 863 käyttäjällä oli ELIXIR-tunnus, jolla he saivat käyttöönsä 102 ELIXIR AAIhin perustuvaa palvelua.

ELIXIR AAI -toimintaa rahoitetaan ELIXIR-keskuksen infrastruktuuripalveluna. Kyseinen palvelu on tärkeä osa arkaluonteisten tietojen turvallista jakamista ja käsittelyä.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Osana eurooppalaista biotieteiden infrastruktuuriverkostoa ELIXIR Suomi tarjoaa suomalaisille biotieteilijöille pääsyn tutkimusinfrastruktuuriin sekä Euroopassa että Suomessa. ELIXIRin Core-dataresurssit ja ELIXIRin Deposition-tietokannat tarjoavat suuria biologisia data-aineistoja suomalaisten tutkijoiden käyttöön (elixir-europe.org/services) FAIR-periaatteiden mukaisesti.
- CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy ja ELIXIR Suomi tarjoavat palveluja, työkaluja ja ohjelmistoja (docs.csc.fi/apps/) tutkimustiedon hallintaan koko hankkeen elinkaaren ajan (rdmkit.elixir-europe.org/).
- CSCn kansalliset bioinformatiikkapalvelut kattavat laskentaympäristöt, analyysiohjelmat, työkalut datan tallentamiseen ja jakamiseen hankkeen aikana, työkalut tutkimusdatan avaamiseen ja löytämiseen (research.csc.fi/home) sekä monipuoliset koulutustapahtumat (www.csc.fi/en/training).
- Erityisesti arkaluonteisen datan hallintaan soveltuvia palveluja kehitetään parhaillaan (research.csc.fi/sensitive-data).
- Palveluihin sovelletaan hallituksen kanssa sovittuja CSCn ehtoja ja periaatteita (research.csc.fi/principles-of-allocating-resources).

Kuvantamisteknologioiden tutkimusinfrastruktuuri Euro-BioImaging Suomi

(European Research Infrastructure for Imaging Technologies in Biological and Biomedical Sciences Euro-BioImaging Finland)

Biologinen ja biolääketieteellinen kuvantaminen ovat mullistamassa biotieteitä. Kuvantamisteknologioiden kysyntä on suurta kaikilla nykyaikaisten biotieteiden kannalta merkityksellisillä mittakaavoilla. Kuvantamisteknologioiden avulla pyritään ymmärtämään organismin kehittymistä ja molekyyli-tason toimintaa tai kehittämään uusia hoitoja suunnattoman taloudellisen ja yhteiskunnallisen taakan aiheuttavien tuhoisien sairauksien, kuten syövän ja COVID-19:n torjumiseksi. Euro-BioImaging (www.eurobioimaging.eu) on eurooppalainen tutkimusinfrastruktuurikonsortio (ERIC), joka tarjoaa avoimen pääsyn Euroopan parhaisiin biologisiin ja biolääketieteellisiin kuvantamistekniikoihin, koulutuspalveluihin ja dataratkaisuihin. Tutkimusinfrastruktuurikonsortion palvelut on suunnattu yliopistojen ja teollisuuden käyttäjille maailmanlaajuisesti kasvavan 33 yksikön verkoston kautta 15 eri maassa.

Biologista ja lääketieteellistä kuvantamista Euro-BioImaging Suomessa. Kuva: Joanna Pylvänäinen.



- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.eurobioimaging.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Åbo Akademi
- **Muut tahot (organisaatiot):** Aalto-yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Helsingin yliopisto, Oulun yliopisto, Turun yliopisto, Helsingin yliopistollinen sairaala, Kuopion yliopistollinen sairaala ja Turun yliopistollinen sairaala

Euro-BioImaging Finland (EuBI Suomi: www.eurobioimaging.fi) on Euro-BioImagingin palveluorganisaatio Suomessa. Se koostuu kahdesta usean kuvantamiskeskukseen muodostamasta toimintayksiköstä: Suomen kehittyneestä valomikroskopian yksiköstä (FiALM) ja Suomen biolääketieteellisen kuvantamisen yksiköstä (FiBI). EuBI Suomi kokoaa yhteen kuuden yliopiston ja kolmen yliopistollisen sairaalan suomalaisen huipputason kuvantamisasiantuntemuksen, ja se on ollut vuodesta 2014 lähtien tutkimusinfrastruktuurien valtakunnallisella tiekartalla. EuBI Suomi on kansainvälisesti tunnettu palvelutuottaja, ja osa sen menetelmistä on Euro-BioImagingin kysytyimpiä. EuBI Suomen laitteita käytetään vuosittain noin 400 eri alojen vertaisarvioidussa tieteellisessä julkaisussa, ja laitteiden avulla tarjotaan koulutusta noin 1 000 tutkijalle.

EuBI Suomella on ollut merkittävä rooli useissa tärkeissä tieteellisissä keksinnöissä, jotka viime kädessä vaikuttavat ihmisten terveyteen ja elämään. Näitä keksintöjä on odotettavissa yhä enemmän tulevaisuudessa esimerkiksi lääkekehityksen sekä syöpä- ja diabetestutkimuksen aloilla. EuBI Suomen palveluja on hyödynnetty aktiivisesti myös COVID-19-tutkimuksessa. EuBI Suomi tekee aktiivisesti yhteistyötä useiden muiden suomalais-

ten ja kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien kanssa. Se on myös vakaa ja luotettava lääkealan kumppani, joka tekee menestyksekkästä yhteistyötä suurten globaalien yritysten, kuten Novartis, Roche ja AstraZenecan kanssa. EuBI Suomea ja sen molempia yksiköitä johdetaan Turusta, jossa sijaitsee myös Euro-BioImaging ERICin johtokeskus.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

EuBI Suomi tarjoaa biologisten ja lääketieteellisten kuvantamistekniikoiden avoimen käyttömahdollisuuden yliopistojen ja teollisuuden suomalaisille ja ulkomaalaisille käyttäjille.

Käytettävissä on yhteensä noin 30 tekniikkaa. Näiden joukossa on myös useita uusia tekniikoita, joiden konseptin toimivuutta ollaan osoittamassa.

- Edellä mainittuihin tekniikoihin kuuluvat:
- superresoluutiomikroskoopi
- korreloiva valo- ja elektronimikroskoopi
- suurtehomikroskoopi
- mesoskooppinen kuvantaminen
- esiklininen ja klininen PET-kuvantamisen ja merkkiaineen kehittäminen
- esiklininen korkean kentän MRI
- ihmisen aivokuvantaminen MEG:llä ja esiklininen optinen intravitaalinen kuvantaminen.

EuBI Suomi tarjoaa myös kuvantamiseen liittyvää koulutusta ja työpajoja tutkijoille, opiskelijoille ja henkilöstölle sekä kuvadatan hallinnan ja analysoinnin palveluja. Tietyt palvelut ovat saatavilla myös etänä.

Eurooppalainen biopankkien tutkimusinfrastruktuuri BBMRI Suomi

(Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure of Finland BBMRI.fi)

BBMRI.fi (www.bbmri.fi) on tutkimusinfrastruktuuri, johon kuuluu kymmenen julkista ja akateemista biopankkia Suomessa. Suomalaiset biopankit ovat edellä mainittujen osallistuvien organisaatioiden perustamia ja isännöimiä. BBMRI.fi on eurooppalaisen biopankkiverkosto BBMRI-ERICn (Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure — European Research Infrastructure Consortium) kansallinen keskus (www.bbmri-eric.eu).

Tammikuusta 2020 lähtien Biopankkien Osuuskunta Suomi – FINBB on toiminut BBMRI-ERICn kansallisena koordinaattorina. FINBB koordinoi, kehittää ja palvelee kaikkien Suomen biopankkien operatiivista toimintaa. BBMRI-ERICn visiona on rakentaa ja vahvistaa lisäarvoa tuottavaa kestävä biopankkitoimintaa, joka

mahdollistaa kliinisen translationaalisen tutkimuksen yliopistoissa ja teollisuudessa sekä helpottaa uusien hoitojen kehittämistä ja uusien innovaatioiden luomista yksilöllistettyyn lääketieteeseen.

Suomalaiset biopankit ja koordinaattori (FINBB) osallistuvat aktiivisesti BBMRI-ERICn työohjelman toteuttamiseen. Ne painottavat erityisesti johtamiseen, tietotekniikkaan, laatuun sekä eettisiin ja oikeudellisiin asioihin liittyvien yhteisten palveluiden tuottamista. Tavoitteena on rakentaa huippuluokan biopankkiverkosto Suomeen. Lisätietoa biopankeissa tehdystä tutkimuksesta löytyy osoitteesta site.fingenious.fi/en/fingenious-news-and-updates. Lisätietoa näyteaineistoista ja julkaisuista on nähtävillä osoitteessa site.fingenious.fi/en/.



Tutkija ja pipetti.

Kuva: Shutterstock / FINBB.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Kansallisen infrastruktuurin hallinta: hallinnointi- ja päätöksentekovalmiudet ja -prosessit integroitujen toimien mahdollistamiseksi.
- Biopankkien laatu- ja laadunhallinta: BBMRI.fi-biopankkien kehittyneiden laatustandardien toteuttaminen.
- Eettiset ja oikeudelliset kysymykset: biopankkien palvelut ja BBMRI.fi:n yhdenmukaisuus nykyisten kansallisten ja kansainvälisten oikeudellisten ja eettisten standardien kanssa.
- Tiedonhallintapalvelut: varmistavat että BBMRI.fi-biopankeilla on käytössään uusimmat järjestelmät, joiden avulla niiden näyte- ja tietoaaineistot ovat löydettävissä, saatavilla, yhteentoimivia ja uudelleenkäytettävissä.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** finbb.fi/fi/what-is-finbb
- **Vastuutaho (organisaatio):** Biopankkien Osuuskunta Suomi FINBB on eurooppalaisen biopankkiverkosto BBMRI-ERIC:n (Biobanking and BioMolecular Resources Research Infrastructure — European Research Infrastructure Consortium) kansallinen koordinaattori (www.bbmri-eric.eu)
- **Muut tahot (organisaatiot):** THL Biopankki, Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL); Auria Biopankki (Turun yliopisto (UTU), Lounais-Suomen sairaanhoitopiirit, Satakunta ja Vaasa); Hematologinen Biopankki (FHRB Biopankki) (Suomen Hematologiyhdistys, Suomen Punaisen Ristin Veripalvelu, Suomen molekyyli- ja lääketieteen instituutti FIMM (Helsingin yliopisto)); Suomen Punaisen Ristin Veripalvelun Biopankki; Helsingin Biopankki (Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri (HUS), Kymsote, Eksote ja Päijät-Häme sekä Helsingin yliopisto); Pohjois-Suomen Biopankki Borealis (Oulun yliopistollinen sairaala, Oulun yliopisto (UO), NordLab ja Kainuun, Lapin, Keski-Pohjanmaan ja Länsi-Pohjan sairaanhoitopiirit); Tampereen Biopankki (FCBT) (Pirkanmaan sairaanhoitopiiri (PSHP), Tampereen yliopisto, Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä (EPSHP) ja Kanta-Hämeen sairaanhoitopiirin kuntayhtymä (KHSHP)); Itä-Suomen Biopankki (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, Itä-Suomen yliopisto (UEF), Itä-Savon sairaanhoitopiiri (Sosteri), Itä-Savon sairaanhoitopiirin kuntayhtymä (Essote) ja Pohjois-Karjalan sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus (Siun sote); Keski-Suomen Biopankki (Jyväskylän yliopisto (UJ) ja Keski-Suomen sairaanhoitopiiri (KSSHP)); Arktinen Biopankki (Oulun yliopisto (UO)).

Integroidun rakennebiologian tutkimusinfrastruktuuri

FinStruct (Integrated Structural Biology Infrastructure Instruct-ERIC Centre Finland)

Rakennebiologia näyttää molekyyli- ja atomitasoisilla. Se auttaa meitä ymmärtämään molekyylien toimintaa ja vuorovaikutusta sekä tarjoaa tietoa ja uusia näkökulmia monille tieteiden- ja teollisuuden aloille. Structural Biology Finland (FINStruct) on kansallinen, koordinoitu, monilaitoksinen, avoimen pääsyn tutkimusinfrastruktuuri, joka on perustettu tarjoamaan integroidun rakennebiologian palveluja ja koulutusta yliopistojen ja teollisuuden tutkimuksen ja innovoinnin tueksi.

Structural Biology Finland -tutkimusinfrastruktuuri johtaa kansainvälistä tutkimus- ja kehitystyötä tarjoamalla palveluja näytteiden valmistelussa, toiminnallisessa ja rakenteellisessa analysoinnissa, tietojenkäsittelyssä, rakenteellisessa bioinformatiikassa ja rakenteellisessa määrittämisessä. FINStruct-infrastruktuuri innovoi teollisuutta, mikä lisää patenttihakemuk-

sia sekä diagnostisten ja terapeuttisten työkalujen kehittämistä. Infrastruktuuri tarjoaa rakennebiologian asiantuntemusta ja paikallisia innovaatioita yritysten ja niiden yrityskumppaneiden käyttöön, mikä vahvistaa näiden asemaa Suomen lääketeollisuuden merkittävänä taustavoimana.

Suomi on vuodesta 2019 lähtien kuulunut Euroopan tutkimusinfrastruktuurien strategiafoorumin ESFRIn Instruct-ERIC-verkostoon (Integrated Structural Biology RI in Europe). Instruct-ERIC on keskitetty yhteyspiste uusille ja kehittyville eurooppalaisille korkean tason teknologioille ja asiantuntemukselle rakennebiologian tutkimuksen alalla. Instruct-ERIC täydentää rajallista kansallista tarjontaa. Se tarjoaa erikoistuneissa tutkimuskeskuksissaan rahoitettuja tutkimusvierailuja, koulutusta, harjoitteluja sekä tutkimus- ja kehittämispalkintoja. Integroivia menetelmiä edistävä Instruct-

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** FINStruct www.helsinki.fi/en/infrastructures/integrated-structural-cell-biology/finstruct Instruct-ERIC Centre FI www.instruct-eric.eu/centres/instruct-fi/ Instruct-ERIC www.instruct-eric.eu/
- **Vastuutaho (organisaatio):** FINStruct (Helsingin yliopisto), Instruct-ERIC Centre FI (Helsingin yliopisto)
- **Muut tahot (organisaatiot):** FINStruct (Oulun yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Turun yliopisto ja Åbo Akademi), Instruct-ERIC Centre FI (Oulun yliopisto ja Itä-Suomen yliopisto)

Röntgengeneraattori.
Kuva: Turun yliopisto.



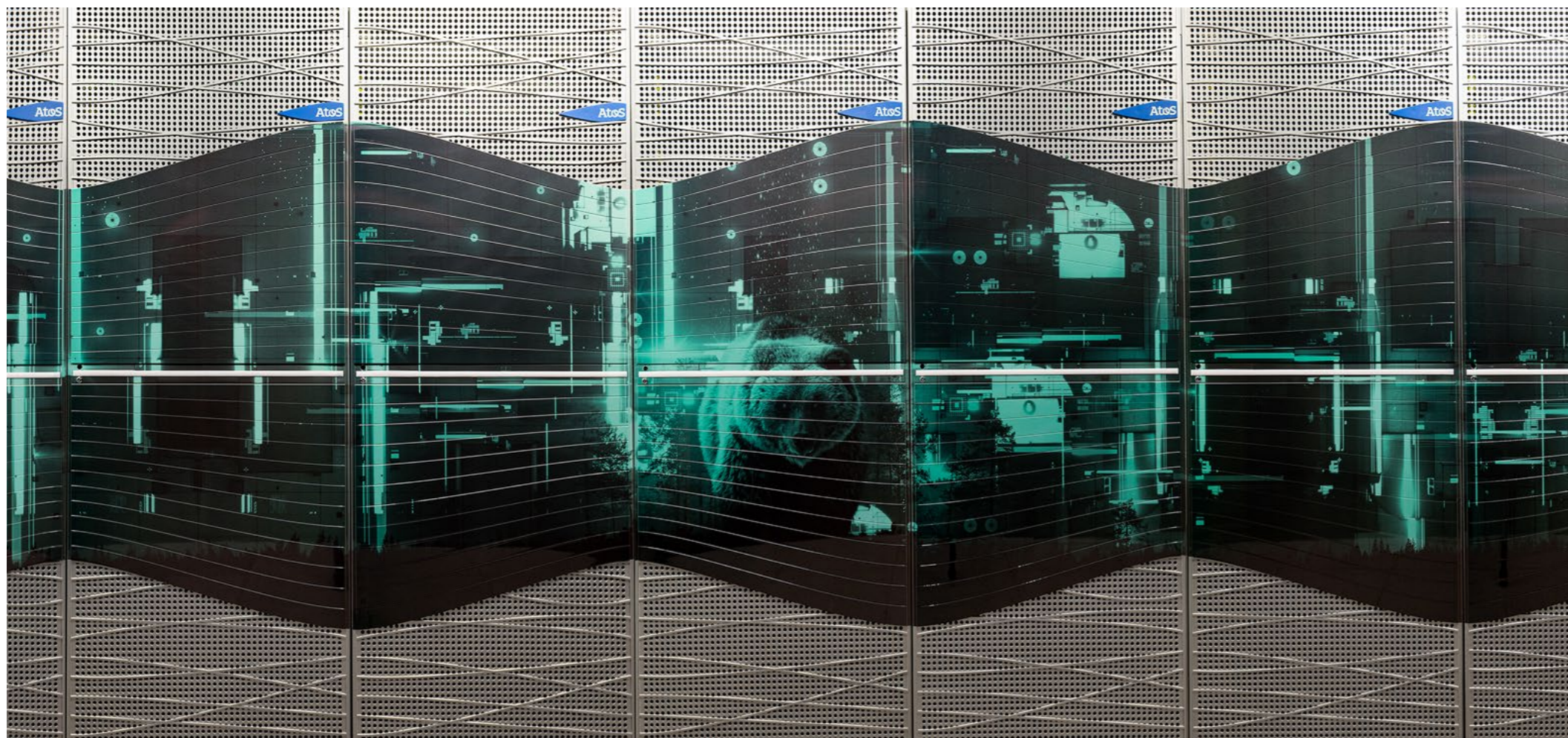
ERIC koostuu 15 jäsenen konsortiosta ja se mahdollistaa huipputason tieteellisen tutkimuksen ja teknologisen kehittämisen yli 10 000 rekisteröidylle käyttäjälle. Infrastruktuuripalveluja tarjotaan kansallisissa laitoksissa sijaitsevilla 11 Instruct-keskuksessa, joiden joukossa on hajautettu Instruct-ERIC Finland -keskus. Keskusten korkeatasoinen tutkimusosaaminen on tunnustettu maailmanlaajuisesti.

Instruct-ERIC Centre Finland -keskuksen palvelut

- Biomolecular Complex Purification (Biocomplex) instruct-eric.eu/platform/biomolecular-complex-purification-on-biocomplex-helsinki-finland/ (Minna Poranen), University of Helsinki, Finland
- Cryo-Electron Microscopy instruct-eric.eu/platform/electron-microscopy-helsinki-finland/ (Sarah Butcher), University of Helsinki, Finland
- Protein production with Isotope Labelling for NMR instruct-eric.eu/platform/protein-production-with-isotope-labeling-for-nmr-helsinki-finland/ (Hideo Iwai), University of Helsinki, Finland
- NMR instruct-eric.eu/platform/nmr-helsinki-finland/ (Hideo Iwai), University of Helsinki, Finland
- Single-cell Proteomics (SCoPE-MS) instruct-eric.eu/platform/single-cell-proteomics-scope-ms-helsinki-finland/ (Markku Varjosalo), University of Helsinki, Finland
- Macromolecular Crystallisation instruct-eric.eu/platform/macromolecular-crystallisation-oulu-finland/ (Lari Lehtiö), Biocenter Oulu, University of Oulu, Finland
- Molecular Biophysics instruct-eric.eu/platform/molecular-biophysics-oulu-finland/ (Lari Lehtiö), Biocenter Oulu, University of Oulu, Finland
- X-ray Diffraction instruct-eric.eu/platform/x-ray-diffraction-oulu-finland/ (Lari Lehtiö), Biocenter Oulu, University of Oulu, Finland
- Native Mass Spectrometry instruct-eric.eu/platform/native-mass-spectrometry-joensuu-finland/ (Juha Rouvinen), Biocenter Kuopio, University of Eastern Finland, Finland

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Biomolecular Complex Purification (Biocomplex) www2.helsinki.fi/en/infrastructures/integrated-structural-cell-biology/biocomplex-purification (Minna Poranen), Faculty of Biological and Environmental Sciences & Helsinki Institute of Life Science HiLIFE, University of Helsinki
- CryoEM Core Facility www2.helsinki.fi/en/infrastructures/integrated-structural-cell-biology/infrastructures/cryoem (Sarah Butcher), Helsinki Institute of Life Science HiLIFE / Institute of Biotechnology, University of Helsinki
- Finnish Biological NMR Center www2.helsinki.fi/en/infrastructures/integrated-structural-cell-biology/infrastructures/finnish-biological-nmr-center (Hideo Iwai), Helsinki Institute of Life Science HiLIFE / Institute of Biotechnology, University of Helsinki
- High-resolution Mass Spectrometry Facility, Native-MS www.oppi.uef.fi/wanda/kemia/research/protein/ (Juha Rouvinen), Biocenter Kuopio, University of Eastern Finland
- Biocenter Oulu Structural Biology core facility <https://www.oulu.fi/biocenter/structural-biology-core-facility> (Lari Lehtiö), Biocenter Oulu, University of Oulu
- Protein Crystallisation Facility www2.helsinki.fi/en/infrastructures/integrated-structural-cell-biology/infrastructures/crystallization (Tommi Kajander), Helsinki Institute of Life Science HiLIFE / Institute of Biotechnology, University of Helsinki
- Protein Structure and Chemistry Core Facility bioscience.fi/services/protein-structure-and-chemistry/services/ (Tassos Papageorgiou), BioCity Turku, University of Turku
- Structural Bioinformatics Laboratory <https://www.abo.fi/en/structural-bioinformatics-laboratory/> (Tiina A. Salminen), BioCity Turku, Åbo Akademi University



Tieteen tietotekniikan keskuksen (CSC) tutkimusinfrastruktuuri-palvelut

(CSC's Research Infrastructure Services)

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.csc.fi
- Vastuutaho (organisaatio): CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy

Supertietokone Mahti.
Kuva: CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy.

CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy on tieto- ja viestintätieteiden suomalainen osaamiskeskus, joka tarjoaa kansainvälisesti korkeatasoisia palveluja tutkimusta, koulutusta, kulttuurista, julkishallintoa ja yrityksiä varten. CSC auttaa asiakkaitaan menestymään hyödyttämällä koko yhteiskuntaa. CSC on valtion (70 %) ja suomalaisten korkeakoulujen (30 %) omistama. CSC tukee tuhansien tutkijoiden Euroopan laajuista asiakaskuntaa muun muassa biotieteiden, ympäristötieteiden, kielitieteiden, fysiikan, kemian ja matemaattisen mallinnuksen aloilla.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Kansallinen datanhallinnan, data-analytiikan ja tieteellisen laskennan tutkimusalusta.
- Kansallinen tutkimus- ja koulutusverkko Funet.
- Puhti-supertietokone, jossa on lähes 700 suoritinnoodia ja useita muistikokoja sekä paikallisia tallennusvaihtoehtoja vuorovaikutteisesta yhden ytimen tietojenkäsittelystä keskikoosiin simulaatioihin, jotka kattavat useita noodeja.
- Mahti-supertietokone, joka on suunniteltu massiivisiin rinnakaistoihin, jotka vaativat suurta liukulukutehoa ja erinomaista liitännäkyä. Lisäksi keskikoiset ja suuret simulaatiot vaativat petaflopsien laskentatehoa.
- Nykyaikainen Allas-objektitallennusympäristö tutkimusdatan tallentamiseen, jakamiseen tai siirtämiseen CSC:n laskentainfrastruktuurissa.
- LUMI on yksi kolmesta eurooppalaisesta esi-eksa-luokan supertietokoneesta, joita asennetaan parhaillaan. Suomen kansallinen osuus LUMI-resursseista on 25 % kokonaiskapasiteetista. Kansallisen osuuden saatavuus ja tukeminen kytkeytyvät tiiviisti CSC:n tutkimusinfrastruktuuriin.
- cPouta- ja ePouta -palveluissa tarjotaan IaaS-laskentapalveluja (Infrastructure as a Service). Pouta-alustat ovat yleisiä resursseja, jotka soveltuvat monenlaisen tieteellisen IT-tukeen, eikä niitä ole suunnattu tiettyille käyttäjäryhmille.
- Rahti-palvelu on nykyaikainen konttorikestointialusta tutkimuslinjojen ja -palvelujen vaivattomaan käyttöönottoon. Rahti ei ole kohdennettu tiettyille käyttäjäryhmille, vaan se on yleinen IT-alusta, jota voidaan käyttää tutkimuksen tukena.
- Fairdata-palveluvalikoima tarjoaa tutkimusdatan helppokäyttöisiä tallennus-, jakamis- ja julkaisupalveluja, kuten säilytyspalveluja, jotka takaavat käytettävyyden vuosikymmenten ja vuosisatojen ajan.
- Paituli on paikkatiedon latauspalvelu, joka tarjoaa merkittäviä suomalaisia tietoaineistoja avoimesti tutkimus- ja koulutuskäyttöön. Paituli sisältää myös historiallisia versioita tietoaineistoistaan, toisin kuin muut paikkatietopalvelut Suomessa. Paituli sisältää tällä hetkellä 249 tietoaineistoa, joissa on yhteensä 12 Tt dataa.
- Chipster on CSC:n kehittämä helppokäyttöinen bioinformatiikan ohjelmisto. Chipsterin avulla ei-koodaavat biolääketieteen tutkijat voivat analysoida suurtehdodataa. Chipster tarjoaa verkkokäyttöliittymän yli 450:een Rahtissa toimivaan analyysityökaluun.
- REMS (Resource Entitlement Management System) on yleinen työkalu, joka on osa laajempaa Data Access -työkalusarjaa. Sen avulla aineistojen omistajat voivat hyväksyä aineistojensa koskevia hakemuksia, hallita sähköistä hyväksyntäprosessia, tallentaa aineistonkäyttöä päätöksiksi ja tarjota rajapintoja näiden päätösten käyttöönottamiseksi analyysiympäristöissä.
- Notebooks tarjoaa helppokäyttöiset ympäristöt datapohjaiseen työhön ja ohjelmointiin. Käyttäjä pääsee kaikkialle verkkoselaimella, ja taustalaskennassa käytetään CSC:n pilviympäristöä. Notebooksien kautta voidaan hyödyntää Jupyter Notebooksien, RStudio Serverin ja Apache Spark -työkalujen eri versioita.

Suomen hila- ja pilvilaskennan tutkimusinfrastrukturi FCCI

(Finnish Computing Competence Infrastructure)

FCCI (Finnish Computing Competence Infrastructure) on Suomen Tier-2-tason laskentainfrastrukturi, joka koordinoi suomalaisten yliopistojen tieteellistä laskentatoimintaa. FCCIn ytimessä on EU:n tukema älykkään erikoistumisen käsite: FCCI vahvistaa Suomen asemaa yhtenä johtavista tieteellisen laskennan maista.

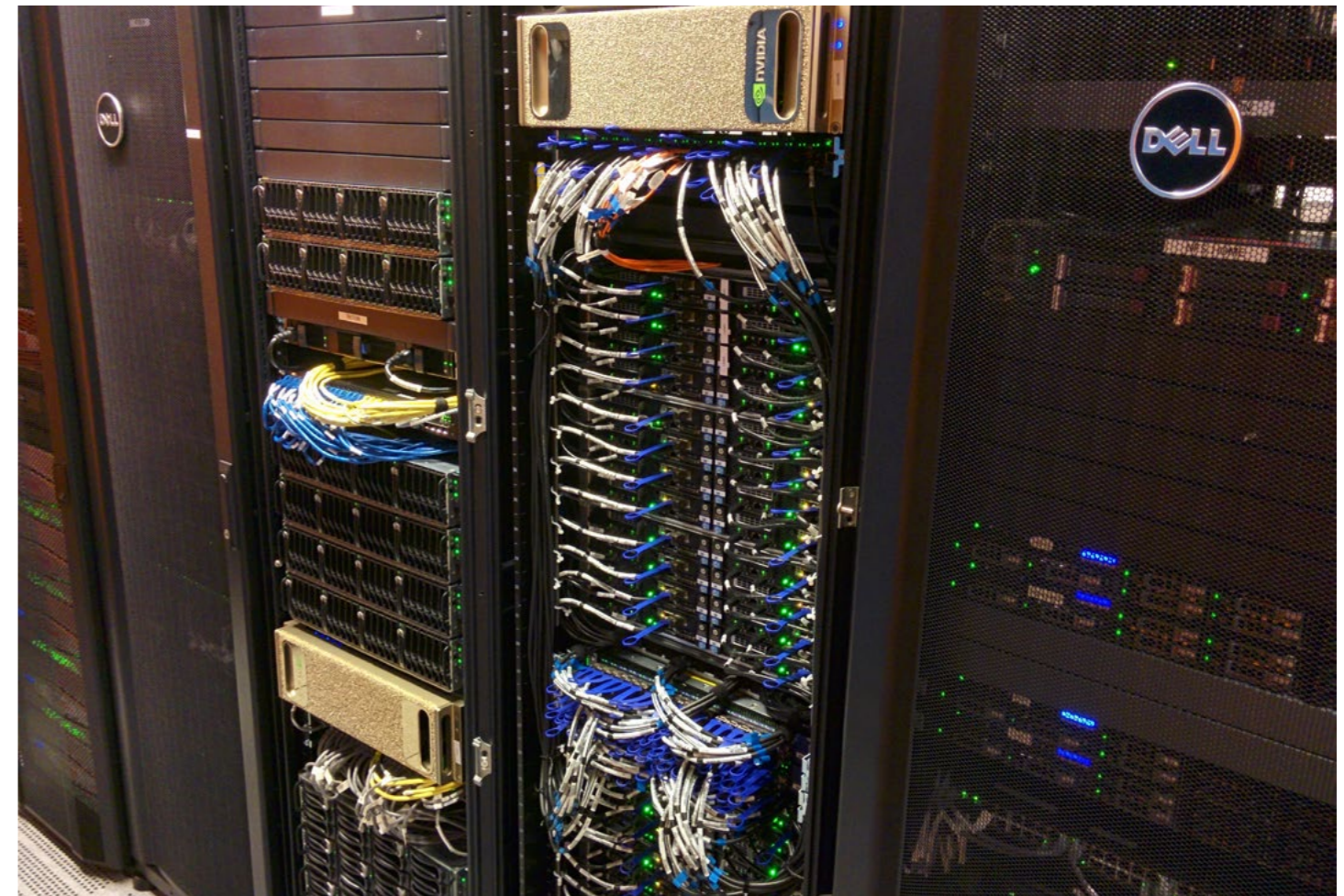
Suomessa käytävissä olevat korkeimman tason laskennalliset Tier-0 ja Tier-1-infrastruktuurit ovat maailman parhaita. Kyseisiä infrastruktuureja ylläpitää CSC –Tieteen tietotekniikan keskus Oy. Ne eivät kuitenkaan toimi ilman vahvaa Tier-2-kapasiteettia, joka on olennainen osa laskennallista ekosysteemiä. FCCI tarjoaa tämän palvelun.

FCCIn ydintehtävänä on tarjota kaikille kumppaniyliopistoille laskenta- ja datansäilytysresursseja, paikallisia tieteellisen laskennan asiantuntijoita sekä osaamis-

koulustoimia. Näillä toiminnoilla tuetaan kunkin yliopiston erityistä tutkimus- ja koulustoittoa ja siten yliopistojen kansallista profiloitua ja niiden infrastruktuuristrategioita. FCCI integroi toimintansa yhdeksi kokonaisuudeksi, jota koordinoidaan ja kehitetään keskitetysti, ja toiminta integroidaan CSCn Tier-1- ja Tier-0-palveluihin.

FCCI-tutkimusinfrastrukturi perustuu uusimpiin teknologioihin ja tukee erityisesti dataintensiivistä tutkimusta, koneoppimista, tekoälyä ja korkean suorituskyvyn laskentaa. FCCI-käyttäjryhmät kattavat kaikki tieteenalat sekä taiteet, ja FCCI on keskeinen tutkimusinfrastrukturi monissa huippututkimusympäristöissä, kuten neljässä Suomen Akatemian lippulaivassa. Suomessa FCCI tukee tutkijoita, jotka käyttävät yli 40:tä muuta tutkimusinfrastruktuuria. Keskeinen osa FCCIn toimintaa on tieteellisen laskennan huip-

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.helsinki.fi/fcci
- **Vastuutaho (organisaatio):** Helsingin yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Aalto-yliopisto, Lappeenrannan ja Lahden teknillinen yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Oulun yliopisto, Jyväskylän yliopisto, Tampereen yliopisto, Turun yliopisto, Åbo Akademi, CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy.



FCCI-infrastruktuurin laitteistoa.

Kuva: Finnish Computing Competence Infrastructure.

puammattilaisten kouluttaminen kaikkia yhteiskunnan aloja varten. FCCIn ansiosta Suomen laskennallinen infrastrukturi on maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen. Infrastrukturi on kilpailukykyinen voimavara parhaiden tutkijoiden rekrytoinnissa, Suomen nostamisessa tieteen maailmanlaajuiseen eturintamaan ja Suomen profiloimisessa yhdeksi maailman johtavista tieteellisen laskennan, digitalisaation ja vihreän siirtymän tiedemaista.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- FCCI tarjoaa tutkijoille hajautettua Tier-2-laskenta- ja -datatallennuskapasiteettia, joka mahdollistaa laadukkaan laskenta- ja datatieteen.
- FCCI on keskittänyt hallinnoinnin ja teknisen tuen, mutta paikallisten yliopistojen tietojenkäsittely-yksiköt tarjoavat lisätukea.
- FCCI kehittää tutkimusohjelmistoinfrahistorian (Research Software Engineer, RSE) tukipalveluja, joissa keskeistä on insinöörin tutkijalle antama ohjelmisto-, laskenta- ja datatieteen tuki.
- Tutkijoiden tehokkaan ja käyttäjäystävällisen palvelun optimoimiseksi FCCI-infrastrukturi ja sen ohjelmistot sovitetaan saumattomasti CSCn Tier-1- ja Tier-0-resursseihin, ja käyttööntuloon tehdään mahdollisimman helppokäyttöinen.
- FCCI tarjoaa laajan koulutusohjelman, joka on suunnattu tutkijoille ja tietotekniikan asiantuntijoille.
- FCCI toimii laskennallisen tieteen kansallisena verkostona, joka yhdistää asianosaiset henkilöt kaikilla aloilla (julkisilla ja yksityisillä) järjestämällä esimerkiksi konferensseja.
- FCCI tarjoaa palveluja poikkeuksellisen suurelle käyttäjäkunnalle esim. biotieteiden, taiteiden, talouden, tietojenkäsittelytieteiden (ml. tekoäly), datatieteen, fysiikan ja kemian, materiaalitutkimuksen ja humanististen tieteiden aloilla.

Suomen kvanttilaskentainfrastruktuuri FiQCI

(Finnish Quantum Computing Infrastructure)

Suomen kvanttilaskentainfrastruktuurin (FiQCI) tavoitteena on tarjota kvanttilaskennan avoin alusta, uusimmat klassiset kvanttilaskentatietokoneet ja fyysiset kvanttilaskentatietokoneet, jotka ylittävät perinteisten kvanttilaskentatietokoneiden toimintakyvyn. Infrastruktuuri on vastikään perustettu, ja sen puitteissa on tällä hetkellä mahdollisuus käyttää klassista 30 kubitin kvanttilaskentatietokoneita. Kvanttilaskentatietokoneet on suunniteltu sisällytettäväksi infrastruktuuriin tulevina vuosina, ja vuoteen 2025 mennessä FiQCI tarjoaa pääsyn kahteen noin 20–50 kubitin kvanttilaskentatietokoneeseen. Lisäksi infrastruktuurin tehokkaan käytön tukemiseksi kehitetään palveluita, kuten tietokoneiden ja simulaattorien käyttö-

mahdollisuuksia, koulutusta ja ohjelmistokirjastoja.

Kvanttilaskentatietokoneiden lupausena on tietojenkäsittelyn mullistaminen, sillä ne kykenevät ratkaisemaan klassisille tietokoneille mahdottomia ongelmia. Esimerkiksi kemiallisten yhdisteiden rakenteen mallinnus on luontaisesti kvanttimekaaninen ongelma, jonka kvanttilaskentatietokoneet voivat ratkaista tulevaisuudessa rahoitus-, optimointi-, kyberturvallisuus- ja tekoälysovellusten ohella. Suomella on kvanttilaskennassa vuosikymmenten huippuluokan akateeminen kokemus, joka huipentuu tällä hetkellä Aalto-yliopiston johtamaan Suomen Akatemian

Kvanttilaskentatietokone.
Kuva: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.



Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

Kvanttilaskentaympäristö, johon kuuluu

- Kvanttilaskentatietokoneet
- 5 kubitia vuonna 2022, 20 kubitia vuonna 2023 ja 50 kubitia vuonna 2024
- klassinen kvanttilaskentatietokone 30 kubitille (operatiivisessa käytössä vuodesta 2021)
- kvanttilaskentatietokonekirjasto (kehitetään vuodesta 2022 alkaen).

kvanttilaskentatietokoneiden huippuyksikköön (QTF), VTT:n soveltavaan tutkimukseen sekä Euroopan teollisiin edelläkävijöihin, kuten Bluefors Oy ja IQM Finland Oy. Suomalainen ekosysteemi on yhdessä CSC:n suurteholaskentapalvelujen kanssa ainutlaatuinen paikka kehittää ja tuottaa kvanttilaskentapalvelua. FiQCI-infrastruktuuria johtaa Teknologian tutkimuskeskus VTT, joka isännöi kvanttilaskentatietokoneita Aalto-yliopiston kanssa huipputasoisen laiteasiantuntemuksensa ansiosta. CSC tarjoaa ohjelmistokehittäjille käyttöliittymän ja korkeatasoisen käyttömahdollisuuden. Tällä hetkellä suurin osa infrastruktuurin käyttäjistä tulee yliopistoista, mutta teollisuuden käyttäjien määrän odotetaan kasvavan nopeasti: Toteutettavana on kehittämis- ja koulutustoimia, jotta infrastruktuuri on helposti teollisten sovellusten ja asiantuntijoiden saatavilla.

Vuoden 2025 jälkeen FiQCI-infrastruktuuria on tarkoitus ylläpitää johtavana kvanttilaskentapalvelun tarjoajana. Lisäksi kvanttilaskentatietokoneet ja simulaattorit aiotaan päivittää markkinoiden parhaalla tekniikalla. FiQCI myös pyrkii aktiivisesti yhteistyöhön Euroopan tasolla. Esimerkkinä yhteistyöstä voidaan mainita EuroHPC-ohjelma, jossa CSC rakentaa eurooppalaisen konsortion kanssa 202 miljoonan euron supertietokoneita (LUMI) Kajaaniin. Kvanttilaskentatietokoneiden sisällyttäminen Lumi-infrastruktuuriin on FiQCI:n pitkän aikavälin visio.

- **Vastuutaho (organisaatio):** Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT)
- **Muut tahot (organisaatiot):** Aalto Yliopisto ja CSC – Tieteen Tietotekniikan Keskus Oy

Eurooppalainen suurteholaskenta- tutkimusinfrastrukturi EuroHPC/PRACE Suomi

(European High Performance Computing Research Infrastructure)



LUMI-supertietokoneen rakennusalue
Kajaanissa maaliskuussa 2021.
Kuva: Juha Torvinen, CSC.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** Euroopan laajuiset tutkimusinfrastruktuurit EuroHPC JU eurohpc-ju.europa.eu PRACE prace-ri.eu LUMI www.lumi-supercomputer.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy

EuroHPC/PRACE Finland – portti maailmanluokan supertietokoneisiin:

Suurteholaskennasta (High Performance Computing, HPC) on tullut digitaalisella aikakaudella kaikkien kehittyneiden talouksien keskeinen mahdollistava teknologia. Suurteholaskenta on merkittävien edistysaskeleiden ja innovaatioiden keskipisteessä, ja se mahdollistaa maailmanluokan tieteellisen ja teollisen kilpailukyvn.

EuroHPC-yhteisyritys (EuroHPC Joint Undertaking) kokoaa yhteen EU:n resurssit ja kansalliset resurssit maailmanluokan suurteholaskennan ekosysteemin kehittämiseksi Euroopassa. Tämä tarkoittaa maailman suurimpiin kuuluvien supertietokoneiden hankkimista ja suurteholaskennan palvelujen tarjoamista tutkimukselle, teollisuudelle ja pk-yrityksille. Suomi on ottanut merkittävän aseman EuroHPC:ssä isännöimällä CSC:n Kajaanin datakeskuksessa LUMI-järjestelmää, joka on yksi kolmesta ensimmäisen sukupolven järjestelmästä. Vuoden 2022 alussa käyttöönotettava LUMI on yksi maailman kilpailukykyisimmistä ja ympäristöstävällisimmistä supertietokoneista.

PRACE-tutkimusinfrastrukturi on tarjonnut suurteholaskennan palveluja yli vuosikymmenen ajan. PRACE koordinoi EuroHPC:n aikakaudella EuroHPC-yhteistyöyrityksen resurssien pääasiallista jakomekanismia. PRACElla on todennäköisesti jatkossakin keskeinen rooli suurteholaskennan koulutuksessa tutkimusinfrastruktuurin kokemus ja asiantuntemus huomioiden.

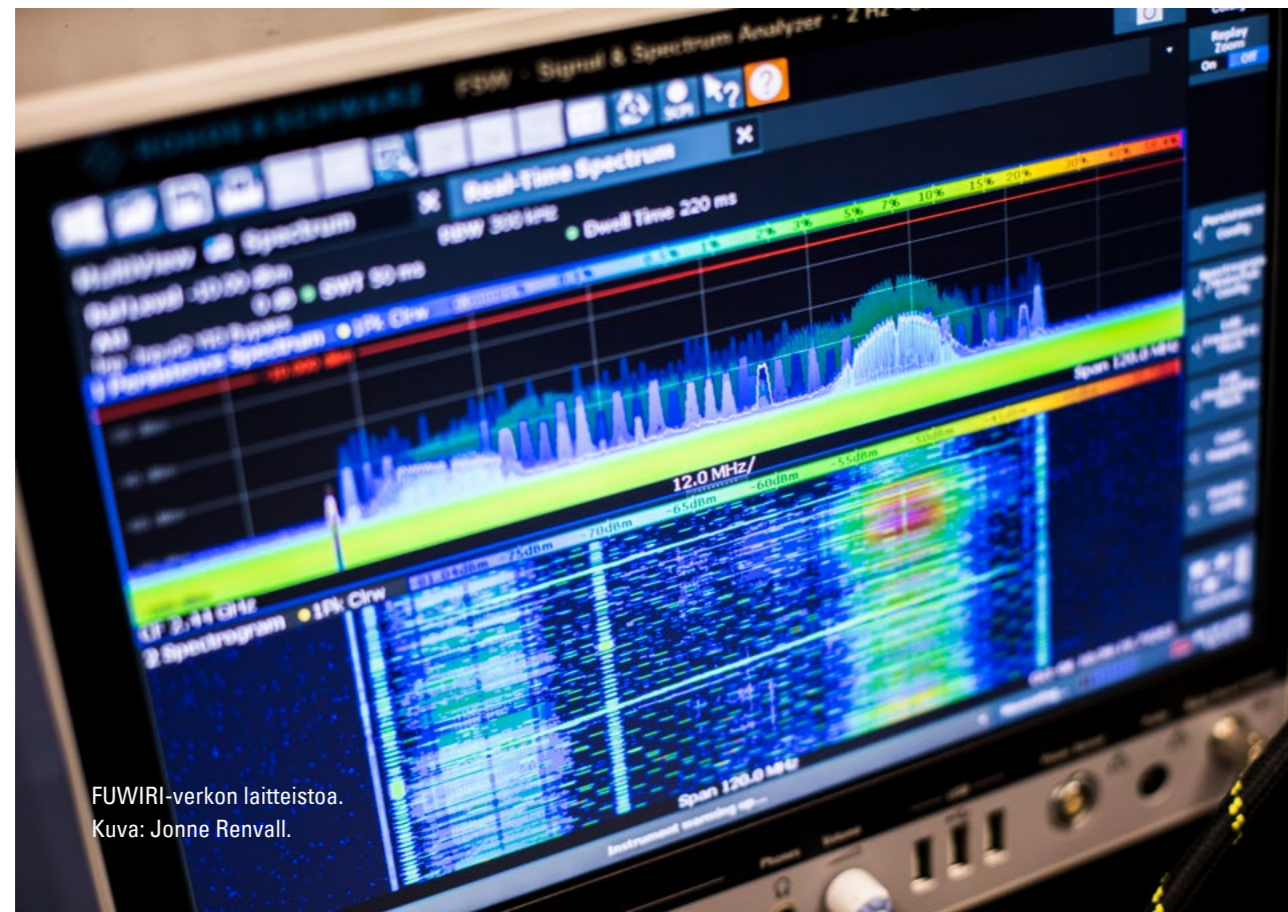
CSC on vastannut Suomen PRACE-koulutuskeskuksesta vuodesta 2012 lähtien. EuroHPC/PRACE Finlandin virtuaalisessa tutkimusinfrastruktuurissa on käytännössä kyse menestyksekkään PRACE Finland -tutkimusinfrastruktuurin uudelleenkäynnistämisestä. EuroHPC:n aikakaudella tämä ilmentää kehitystä kohti maailmanluokan laskenta- ja datanhallintaekosysteemiä Euroopassa. EuroHPC/PRACE Finlandin yleistavoitteena on tukea ja helpottaa ennakoivasti suomalaisten tutkijoiden pääsyä huippuluokan laskenta- ja dataresursseihin maailmanluokan tieteen tekemiseksi. EuroHPC/PRACE Finland pyrkii varmistamaan kansallisella tasolla, että tutkimus ja innovointi hyötyvät mahdollisimman paljon EuroHPC-yhteistyöyritys-, LUMI- ja PRACE-aloitteista.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Edistää EuroHPC- (myös LUMI) ja PRACE-resursseja sekä -valmiuksia suomalaisten tutkijayhteisöjen keskuudessa ja PRACE-koulutuskeskuksen sekä EuroHPC-osaamiskeskuksen tarjoamia koulutusmahdollisuuksia.
- Tukee suomalaisia resurssisovelluksia eurooppalaisissa järjestelmissä ottaen huomioon EuroHPC-järjestelmien uudet olosuhteet ja monipuolisemman suomalaisen käyttäjäkunnan.
- Toteuttaa suomalaisten ääripyyntöjen järjestämisen prosessia LUMI-supertietokoneella keskittyen vertaisarviointiprosessiin ja kunkin jaon jälkikäsitteilyyn. Tarkka vertaisarviointi on keskeisen tärkeää, jotta varmistetaan LUMI-resurssien kansallisen osan korkein tieteellinen huippuosaaminen ja vaikuttavuus.
- Takaa CSC:n edustamana, että Suomella on jatkossakin aktiivinen rooli PRACEn hallinnoinnissa Euroopan tasolla.
- Parantaa LUMI-laskentaympäristöä lisäarvoa tuottavilla ja käyttäjätavallisilla ohjelmistopalveluilla.

Tulevaisuuden langattomien verkkojen tutkimusinfrastruktuuri FUWIRI

(Research Infrastructure for Future Wireless Communication Networks)



FUWIRI-verkon laitteistoa.
Kuva: Jonne Renvall.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.oulu.fi/cwc/
- **Vastuutaho:** Oulun yliopisto
- **Muut tahot:** Tampereen yliopisto, Aalto-yliopisto, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT)

FUWIRI on käytännössä matkaviestinverkko, jota käytetään FUWIRI-kumppaneiden kampuksilla. Tällöin jokaisesta kumppanista tulee paikallinen matkaviestinverkko-operaattori. FUWIRI-kohteet ovat yhteydessä toisiinsa. FUWIRI tukee 5G-laitteiden, korkeampien taajuusalueiden, kognitiivisten hallintatoimintojen ja uusien ratkaisujen järjestelmätestaustyökalujen käyttöä. FUWIRI-toimintojen kehitys seuraa 5G-tutkimuksen ja -standardoinnin edistymistä ja toimii teoreettisen 5G-tutkimuksen todentamislustana.

FUWIRI-matkaviestinverkko koostuu lähes sadasta LTE-piensolutukiasemasta (2,1, 2,6 GHz) ja kymmenistä makrosolukiasemista, joiden LTE on erilainen (700 MHz, 2,3 GHz, 2,6 GHz, 3,5 GHz). Verkossa on kymmeniä 5G NR-tukiasemia (3,5 GHz), joita MediaTekin käyttäjälaitteet ja useat matkapuhelinmyyjät täydentävät, ja jotka on helppo integroida mihin tahansa laitteeseen. Lisäksi verkko täydennetään tällä hetkellä mmW-tukiasemilla (24–28 GHz). Verkko ohjaa operaattoritason kehittyneet pakettiydin (EPC, Evolved Packet Core), jolla on oma mobiililaitteiden SIM-tuotanto. Nykyinen EPC-versio on 5G NSA -yhteensopiva, ja sitä täydennetään tukemaan 5G SA:ta.

FUWIRI-kumppaneiden kampuksilla sijaitsevia verkkoja täydennetään langattomien sensoriverkkojen (IoT, esineiden internet) jatkeella, jossa on tuhansia erilaisia sensoreita, joista on langaton yhteys NB-IoT:n, LTE-M:n ja LoRa:n kautta.

Lisäksi verkossa on big data -laskentapalvelimet verkkodatan analysointia varten. Jotkin näistä palvelimista on jaettu verkkoon, joten ne mahdollistavat reunalaskennan (multi-access edge computing, MEC) ja välimuistituspalvelut. NOKIA EPC:ssä on avoimet sovellusohjelmointirajapinnat (virtualisoitu EPC), joiden avulla uudet palvelut voidaan integroida esimerkiksi verkonhallintaan.

FUWIRI kehittyy kohti 6G:tä seuraavien viiden vuoden aikana. Lisäksi FUWIRI integroi radiotaajuussignaalien luonti- ja analysointiympäristöt sekä joustavat ohjelmistopohjaiset radio-ominaisuudet. Näiden avulla voidaan suorittaa monipuolisia langattomia testejä ja mittauksia jopa 100 GHz:n taajuudella.

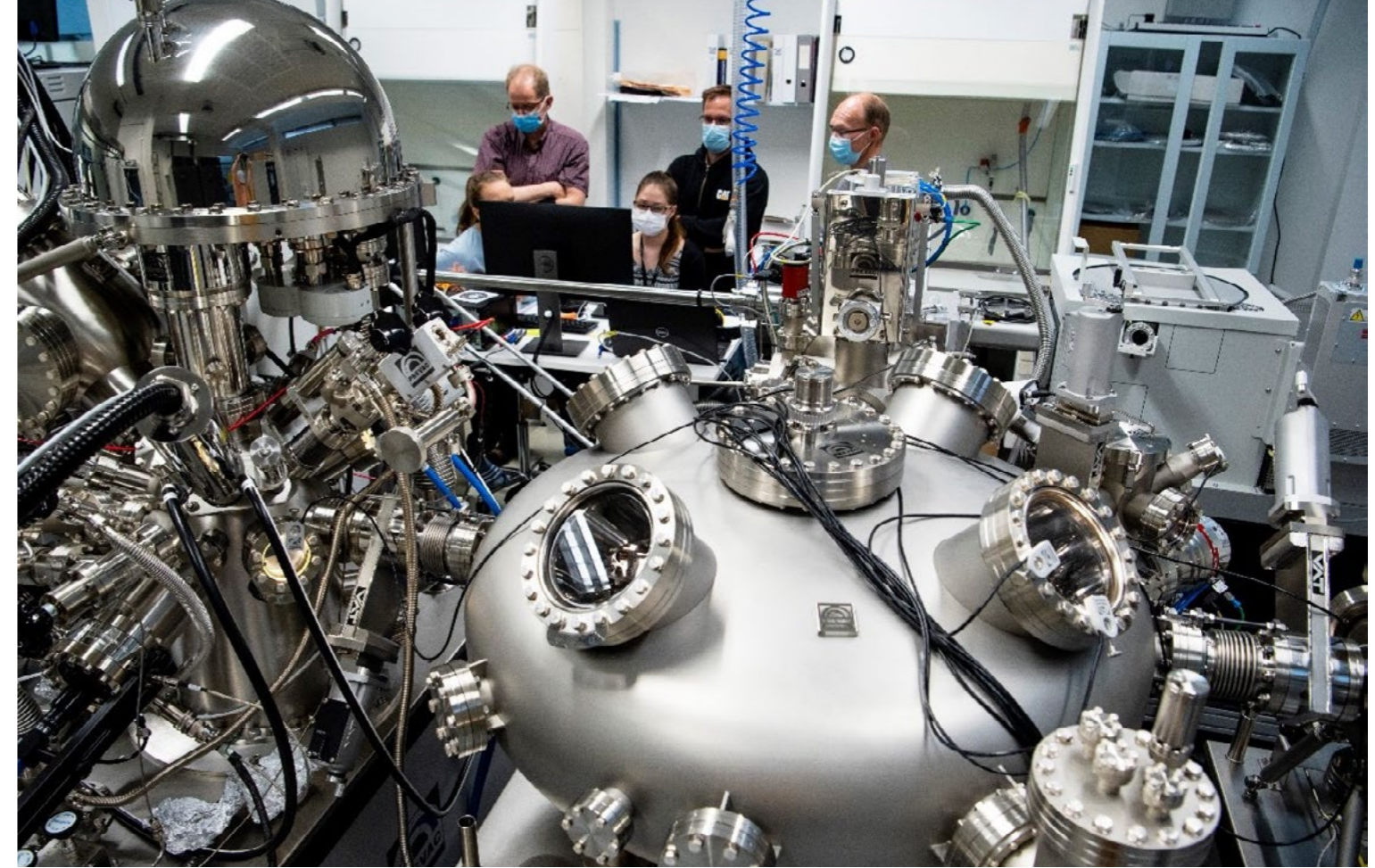
Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Laitelainat.
- Valvotun 4G- ja 5G-verkon langaton käyttö.
- Langattomien palvelujen, sovellusten, testausmenetelmien ja matkaviestinverkko-ratkaisujen tutkimus sekä yhteiskehittäminen.
- Esineiden internetin palveluiden tutkimus ja yhteiskehittäminen.
- Paikannuspalvelujen tutkimus ja yhteiskehittäminen.
- Radiotaajuuksien kuvantamis- ja tunnistuspalvelujen tutkimus sekä yhteiskehittäminen.
- Radiotaajuussignaalien mittaussympäristöt jopa 100 GHz:n taajuudella.

ALD keskuksen uusin laitteisto yhdistää ALD-reaktorin pinta-analyysimenetelmiin. Kuva: Veikko Somerpuro.

ALD keskus Suomi

(ALD center Finland - Research infrastructure for atomic layer deposition and etching)



ALD keskus Suomi on kansallinen tutkimusinfrastruktuuri materiaalien valmistukseen menetelmillä, jotka mahdollistavat atomitasoisen tarkkuuden: atomikerroskasvatus (ALD, atomic layer deposition), atomikerrossetsaus (ALEt, atomic layer etching) ja molekyylikerroskasvatus (MLD, molecular layer deposition). Näistä erityisesti ALD on noussut tärkeään rooliin puolijohdeteollisuudessa ja sillä on

myös muita merkittäviä suuren volyymin teollisia sovelluksia. Näihin lukeutuu esimerkiksi aurinkokennojen valmistus. ALD keskus Suomi tukee myös muita sellaisia tutkimusaloja, joissa tarvitaan erikoismenetelmiä ohutkalvojen karakterisointiin ja pintakemian tutkimiseen. Näihin kuuluvat ohutkalvoteknologiat yleisesti ottaen, mikroelektronikka, heterogeeninen katalyysi sekä energiatekniologioiden materiaalit.

ALD keskus Suomi sijaitsee Kumpulan kampuksella Kemian ja Fysiikan osastoilla. Keskus rakentuu HelsinkiALD-tutkimusryhmän sekä kiihdytin- ja röntgenfysiikan laboratorioiden pitkällisen osaamisen varaan. Kansallisena infrastruktuurina se mahdollistaa tutkimusmenetelmien kehittämisen uudelle tasolle ja on näin osaltaan varmistamassa, että Suomi säilyttää keskeisen asemansa alan tutkimuksessa kansainvälisen kilpailun kiristymisestä huolimatta.

ALD keskus Suomella on merkittävää teollista vaikuttavuutta keskuksessa kehitettävien ja tutkittavien materiaalien sekä prosessien sovellusten ansiosta. Yhteistyö yritysten kanssa on tiivistä ja alan yritykset ovat myös keskuksen aktiivisia käyttäjiä.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

Keskus tarjoaa kaikille avoimia palveluja seuraavilla laitteistoilla

- ALD/ALEt-reaktorit, jotka on yhdistetty pinta-analyttisiin laitteisiin reaktiomekanismien tutkimiseksi.
- ALD/ALEt-reaktorit lähtöaineiden testaamiseen ja prosessien kehittämiseen.
- Ohutkalvojen karakterisointimenetelmiä.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:**
www.helsinki.fi/en/infrastructures/ald-center-finland
- **Vastuutaho (organisaatio):** Helsingin yliopisto



Biotalous tutkimusinfrastruktuuri

(BIOECONOMY RI)

VTT:n teollinen bioteknologialaboratorio Biotalous tutkimusinfrastruktuurissa.
Kuva: Timo Kauppila.

Biotalous tutkimusinfrastruktuuri on Aalto-yliopiston ja VTT:n isännöimä ainutlaatuinen ja avoin tutkimusta, koulutusta ja innovaatiota edistävä tutkimusympäristö. Sen tukemien toimien avulla pyritään vastaamaan maailmanlaajuisiin haasteisiin, kuten ilmastonmuutokseen ja resurssien riittävyyteen. Biotalous tutkimusinfrastruktuurissa luodaan menetelmiä metsien raaka-aineiden ja biopohjaisten jätteiden sekä sivuvirtojen jalostamiseksi arvokkaiksi tuotteiksi. Tutkimusinfrastruktuurin kehittämisaalueet kattavat a) uudet lignoselluloosasta saatavat lisäarvoa tuottavat tuotteet, b) tehokkaan kiertobiotalous ja prosessikonseptit c) synteettisen biologian ja teollisen biotekniikan prosessit sekä d) tekoälylähtöisen prosessi- ja tuotekehityksen. Biotalous tutkimusinfrastruktuuri mahdollistaa akateemiset tutkimushavainnot ja uusien teknologiakonseptien skaalaamisen.

Biotalous tutkimusinfrastruktuuri on avoimesti kaikkien asianosaisten osapuolten saatavilla esimerkiksi yhteistyöhankeiden, sopimustutkimuksen, koulutuksen tai käyttötoimintaan liittyvän perehdytyksen kautta. Biotalous tutkimusinfrastruktuuri tarjoaa tutkimus-, kehitys- ja pilotointipalveluja tiede-, tutkimus- ja teknologiaorganisaatioille sekä teollisuudelle prosessikemian, teollisen biotekniikan ja materiaalitieteiden alalla.

Aalto-yliopisto ja VTT osallistuvat eurooppalaiseen tutkimusinfrastruktuuriyhteistyöhön ja verkostohankkeisiin. Yhteistyön tavoitteena on maailmanlaajuisesti kilpailukykyisten avoimen biotalous tutkimusinfrastruktuuriverkoston perustaminen ympäri Eurooppaa. Biotalous tutkimusinfrastruktuuriin sisältyvä teollinen bioteknologia on osa EU-IBISBA-infrastruktuuria, joka lisättiin Euroopan tutkimusinfrastruktuurien strategiafoorumin (ESFRI, European Strategic Forum on Research Infrastructure) tiekartalle syyskuussa 2018.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

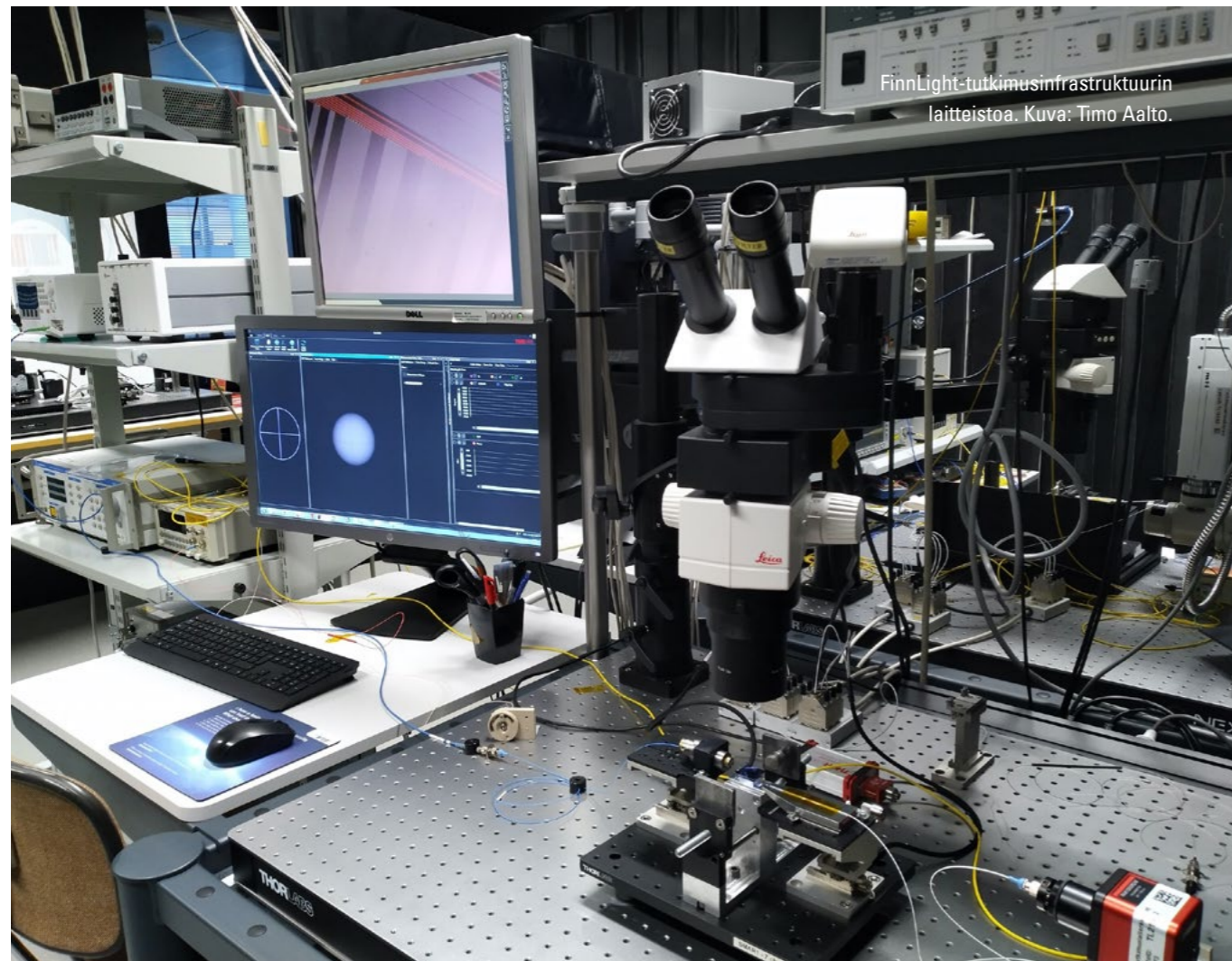
Tutkimusinfrastruktuurin ainutlaatuiset tutkimuspalvelut kattavat käytännössä koko kierto- ja bioteknologioiden arvoketjun. Palveluihin kuuluvat uusien tuotteiden ja prosessikonseptien kehittämiseen tarvittavat laitteet ja tutkimusosastaminen. Biotalous palveluvalikoima kattaa:

- opetussuunnitelmakoulutuksen ja elinikäisen oppimisen palvelut,
- digitaaliset palvelut ja osaamispalvelut (esim. prosessisimulaatiot ja toteutettavuusarviointit),
- laaja-alaisen teknologisen valmiustason kokeelliset tutkimus- ja innovaatiopalvelut, mukaan lukien VTT:n toteuttamat pilotointipalvelut.

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.bioeconomyinfra.fi
- Vastuutaho (organisaatio): Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu (Aalto)
- Muut tahot (organisaatiot): Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT)

Fotoniikan kansallinen tutkimusinfrastruktuuri FinnLight

(Finnish National Infrastructure for Light-Based Technologies FinnLight)



- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: prein.fi/home/finnlight
- Vastuutaho (organisaatio): Tampereen yliopisto
- Muut tahot (organisaatiot): Itä-Suomen yliopisto ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT)

Fotoniikan teknologioiden kehittäminen on monitasoinen prosessi, joka vaatii kehittyneitä suunnittelu- ja valmistusmenetelmiä, testaus- ja integrointivalmiuksia sekä laajoja karakterisointitekniikoita. FinnLight on kehittynyt infrastruktuuralusta, jonka keskitetty ja koordinoitu toiminta tarjoaa laajan valikoiman palveluja fotoniikan ja valoon perustuvien teknologioiden valmistukseen, karakterisointiin ja integrointiin.

FinnLight tarjoaa monipuolisen yhdistelmän teknologioita, jotka kattavat kaikki fotoniikkamateriaaliluokat sekä täydelliset prosessilinjat laitevalmistusta ja -koonpanoa varten. Infrastruktuuri edistää uusien materiaalien, kehittyneiden valonlähteiden, anturien ja LIDAR-sovellusten optisten ja integroitujen komponenttien, kvanttiteknologioiden, aurinkosähköteknologioiden, AR/VR:n sekä viestinnän kehittämistä.

Fotoniikka on nopeasti kasvava ala Suomessa, ja FinnLight parantaa merkittävästi fotoniikan innovaatioiden koko arvoketjussa tarvittavia valmiuksia suomalaisen fotoniikan ekosysteemin nykyis-

ten ja tulevien tarpeiden täyttämiseksi. Tutkijat, kaupalliset käyttäjät ja yritykset voivat hyötyä FinnLightin tutkimuksen ja teknologian kehittämisvalmiuksista yhteistyöhankkeiden puitteissa tai suoran hankinnan kautta. FinnLight tarjoaa oman ja osaavan henkilökunnan toteuttamia palveluja, laitteiden avoimen käyttämahdollisuuden, räätälöityä tutkijakoulutusta, teollista konsultaatiota tai laitevuokrausta.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

FinnLight-infrastruktuurin valmiudet kattavat koko innovaatioketjun suunnittelusta ja valmistuksesta fotoniikan teknologioiden kokoamiseen ja karakterisointiin. Esimerkkejä palvelualueista:

- Optinen suunnittelu ja vapaamuotoinen optiikka
- Mittaus ja testaus
- Mikro- ja nanovalmistus
- Materiaalin karakterisointi
- Optinen integrointi ja komponenttipakkaus
- Kuituoptiikka
- Optiset materiaalit
- Edistyneet valonlähteet.

Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorio JYFL-ACCLAB

(Finnish Accelerator Centre and Technology Hub)

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.jyu.fi/science/fi/fysiikka/tutkimus/infrastruktuurit/kiihdytinlaboratorio
- Vastuutaho (organisaatio): Jyväskylän yliopisto

Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratoriossa on laservalon avulla pystytty yli kaksinkertaistamaan SNICS-tyyppisen negatiivisen ionilähteen suihkuvirta. Kuva: Ville Toivanen.

Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen kiihdytinlaboratorio (JYFL-ACCLAB) perustettiin vuonna 1992. JYFL-ACCLAB-laboratoriossa on käytössä neljä kiihdytintä, jotka tuottavat raskasione-, elektroni- ja fotonisuihkuja laajalle kansalliselle ja kansainväliselle käyttäjyhteisölle. JYFL-ACCLABin monialainen käyttäjäkunta koostuu ydin- ja atomifysiikan, ydinastrofysiikan, luonnon perusvuorovaikutusten, elektroniikan ja materiaalien säteilykestävyyden, ionilähde- ja plasmafysiikan, nanotieteiden sekä materiaali- ja ohutkalvotutkimuksen asiantuntijoista.

JYFL-ACCLAB tarjoaa myös erilaisia analyysi- ja säteilytyspalveluja sekä konsultointia teollisuuskumppaneille. Lisäksi JYFL-ACCLAB vastaa RADEF (RADiation Effects Facility) -tutkimusasemasta, joka on Euroopan avaruusjärjestön (ESA) tunnustama External European Component Irradiation Facility -asema. Laboratorioon pääsee monin tavoin: esittämällä tutkimusehdotuspyynnön, jonka ulkopuolinen asiantuntijapaneeli (ohjelmien neuvoa-antava komitea) arvioi, EU:n monikansallisten käyttöohjelmien avulla tai laboratorion säteilypalveluja käyttävien teollisuuskumppaneiden kautta kaupallisesti.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

Ydintutkimuskeskus

- Alfa-, gamma- ja beeta-hiukkasspektroskopia
- Monikriteerinen listamuotoinen tiedonhankinta
- Korkearesoluutioinen massaspektrometria
- Korkearesoluutioinen laserspektrometria
- Digitaalielektroniikka ja pulssisignaalin prosessointi
- Analyysiohjelmiston kehittäminen
- Atomin ja ionin loukuttaminen

Teknologiakeskus

- Komponenttien säteilytyspalvelut
- Säteilytyspalvelut
- Ionisuihkuoptiikka ja -simuloinnit
- GEANT4-simuloinnit
- Säteilynlmaisimen kehittäminen
- Plasman koostumuksen ja ominaisuuksien analysointi
- Mikro- ja nanokoneistus (<10nm)
- Nanoskaalan kuvantaminen
- STA-säteilyturvakonsultointi
- STV-säteilyturvakoulutus

Materiaalien tutkimuskeskus

- Elementaalinen syvyysprofilointi käyttäen ToF-ERDA-rekyyli-spektrometria
- Ohutkalvo-elementaalianalyysi käyttäen Rutherfordin takaisinsirontaspektrometria (RBS)
- Ultrakorkean resoluution radioaktiivisen merkkiaineen analysointi käyttäen PIXE- ja TES-mittalaitetta
- ToF-ERDA-analyysiohjelmiston kehittäminen ja MC-simulointi
- Uusien sovellusten kehittäminen atomikerroslaskeuma-prosesseja varten
- Nanorakenteiden korkean resoluution kuvantaminen ja kemiallinen analysointi.

Mikro- ja nanoteknologioiden tutkimusinfrastruktuuri OtaNano

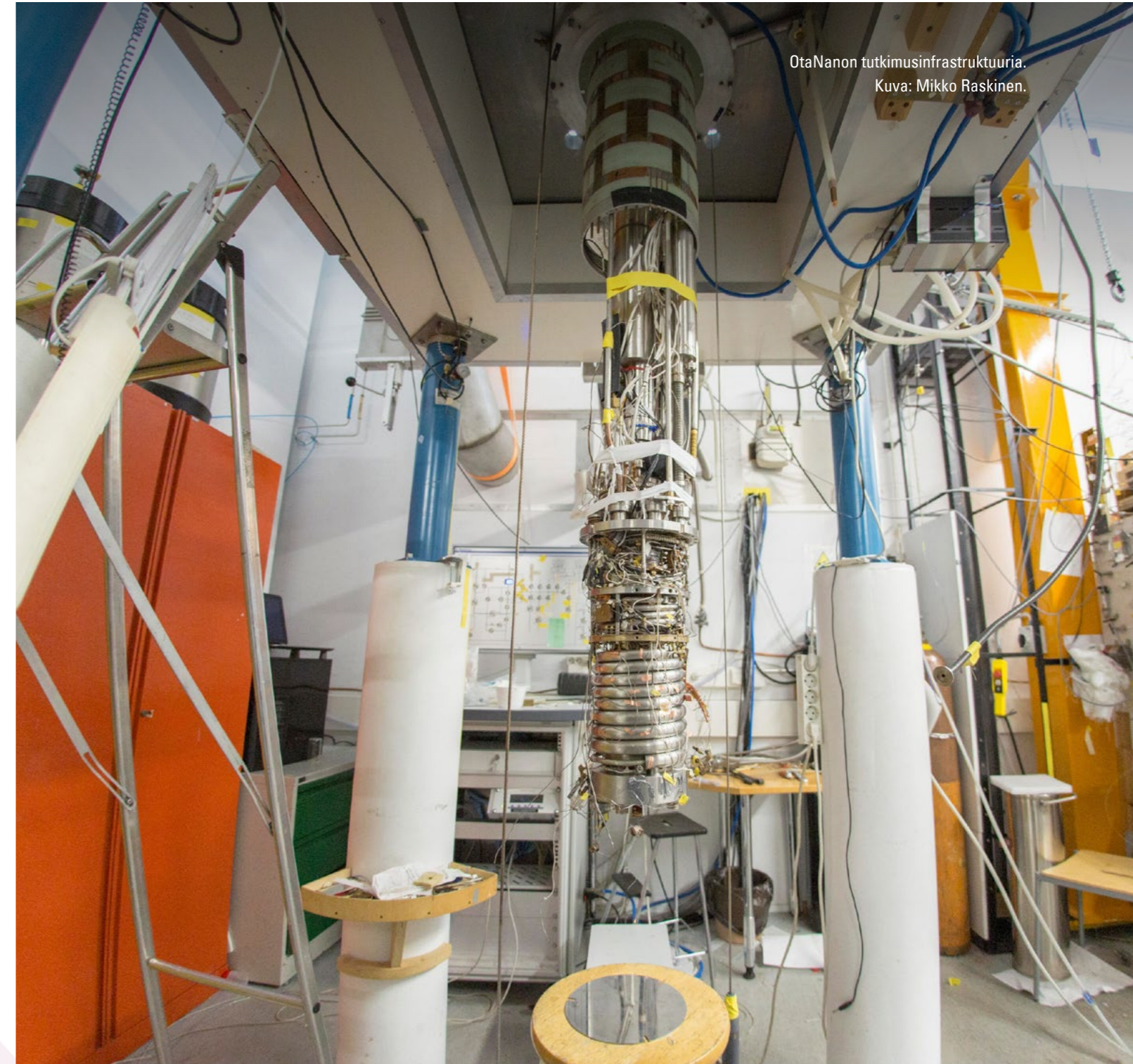
(Otaniemi Micro- and Nanotechnology Research Infrastructure)

OtaNano (www.otanano.fi) on mikro- ja nanoteknologioiden kansallinen tutkimus- ja kehittämiskeskus. Se palvelee kansainvälisesti tunnettujen tutkimusalojen, kuten kvanttitekniikan, nanoelektroniikan, mikro- ja nanofoniikan sekä uusien materiaalien huipputason työympäristönä. OtaNano tarjoaa keskitetyn pääsyn nanorakenteiden kehittyneen valmistuksen, nanomikroskopian ja pienikohinaisen mittauksen tiloihin vain 15 minuutin päässä Helsingistä. Infrastruktuuri sijaitsee keskellä johtavaa pohjoismaista innovaatiokeskusta Espoon Otaniemessä. OtaNano toimii kansallisena keskuksena eurooppalaisten tutkimusinfrastruktuurien yhteistyöhankkeissa, jotka kattavat kaikki mikro- ja nanoteknologioiden infrastruktuurin toiminta-alueet.

OtaNano perustettiin nykyisessä muodossaan vuonna 2013 vahvistamaan nanotieteiden ja -tekniikan tutkimusta Suomessa. Keskus perustuu pitkäaikaiseen kokemukseen ja yhteistyöhön tutkimusinfrastruktuurin kehittämisessä. OtaNano tuo esiin isäntäorganisaatioidensa, Aalto-yliopiston ja VTT:n vahvan vision: Infrastrukturi palvelee nuorten tutkijoiden ensiluokkaisena koulutuskeskuksena ja toimii tieteellisen ja teknologisen yhteistyön sekä kaupallisen kehityksen solmukohtana. OtaNanon tiloihin mahtuu vuosittain yli 500 käyttäjää, ja yli 30 yritystä tekee yhteistyötä OtaNanon kanssa ja hyödyntää tutkimusinfrastruktuurin tiloja.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Käyttäjien kouluttaminen tilojen turvalliseen ja tuottavaan käyttöön. Tämä on edellytyksenä tiloihin pääsulle, jotta varmistetaan, että käyttäjät kykenevät työskentelemään optimaalisesti. Vuosittain yli 150 uutta käyttäjää saa koulutusta tilojen käyttöön.
- Laitteistokoulutus infrastruktuurin laitteiden yksilöllistä käyttöä varten. Koulutuksen antaa tutkimusinfrastruktuurin vakituinen henkilöstö, ja koulutus sisältää yleensä ohjeita asiaankuuluvien käsittelyparametrien tai materiaalien valinnasta.
- Prosessien kehittäminen kilpailuedun saavuttamiseksi siten, että mittaus- ja valmistusprosessit noudattavat tutkimusryhmien tai huippuyksiköiden vaatimuksia.
- Laitteiden operaattoripalvelut tutkijoiden tai yritysten puolesta. Tavallisesti tämä tarkoittaa konseptin toimivuuden testausta tai esittelyjen valmistamista. Palveluihin kuuluvat myös tutkimusinfrastruktuurin henkilöstön suorittamat haastavat valmistus-, kuvantamis- tai mittaustehtävät asiakkaita varten.
- Pilottivalmistus uusien teknologioiden ja laitteiden valmistuksen testaamiseksi ja esittelemiseksi, mikä helpottaa näiden markkinoille pääsyä. Infrastruktuurin operaattorit tarjoavat pilottivalmistusta yleensä kymmenien piikiekkojen eräkokoina.
- Korkeakoulujen tai teollisuuden ulkopuolisten asiantuntijoiden vierailut infrastruktuuriin. Esitykset kohdistuvat esimerkiksi infrastruktuurissa käytettävissä oleviin välineisiin ja niiden käyttöperiaatteisiin. Vierailukierrosten toteutuksesta vastaavat infrastruktuurin johtaja ja/tai alakohtaiset asiantuntijat.
- Räättälöidyt kurssit ja seminaarit tutkimusinfrastruktuurin käyttäjille sekä myös muille palveluista kiinnostuneille korkeakoulujen ja teollisuuden ammattilaisille.
- Tutkimusinfrastruktuurin laitteilla tuotetun tiedon hallinta.
- Konsultointi työkalujen käyttömahdollisuuksien maksimoimiseksi. Konsultointia antavat infrastruktuurin operaattorit tai kokeneet käyttäjät.



OtaNanon tutkimusinfrastruktuuria.
Kuva: Mikko Raskinen.

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.aalto.fi/fi/otanano
- Vastuutaho (organisaatio): Aalto-yliopisto
- Muut tahot (organisaatiot): Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT)

Painettavan älykkyyden tutkimusinfrastrukturi PII

(Printed Intelligence Infrastructure)

Painettava älykkyys on nopeasti kehittyvä teknologian ala, joka on avainasemassa kehitettäessä seuraavan sukupolven taidutaisia, ohuita, keveitä, edullisia ja resurssitehokkaita elektroniikan sekä fotonikan tuotteita. Painettavan älykkyyden infrastrukturi (PII) tarjoaa maailmanluokan tutkimus- ja tuotekehitysympäristön yliopistojen ja teollisuuden tutkijoille ja teknologiakehittäjille. PII tarjoaa tehokkaan ja helpon pääsyn nykyaikaiseen tutkimus- ja pilottituotantoinfrastrukturiin, joka kattaa koko tutkimus- ja kehityspolun

- materiaaleista,
- toiminnallisesta tulostuksesta,
- komponenteista ja laitteista
- piireihin ja järjestelmiin.

Tutkittavien toiminnallisten järjestelmien sovellusalueita ovat muun muassa hajaut-

tettujen järjestelmien anturit (Internet of Everything), diagnostiikka, iholle lisättävä elektroniikka ja yksilöity lääkeannostelu. Mukana olevat organisaatiot ovat viimeisten kymmenen vuoden aikana rakentaneet järjestelmällisesti hajautettua painettavan älykkyyden infrastruktuuria. Painettavan älykkyyden infrastruktuurikonsortio ei ainoastaan tarjoa pääsyä infrastrukturiin, vaan palvelee myös alan koko yhteisöä tieteen, koulutuksen ja teknologian osaamisellaan. Luotaessa painettavan älykkyyden uutta aikakautta infrastruktuurin yksi tärkeimmistä tavoitteista on laaja-alainen kestävyys, mukaan lukien teknologisten näkökohtien lisäksi myös ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen liittyvät näkökohdat.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.oulu.fi/pii/
- **Vastuutaho (organisaatio):** Oulun yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Tampereen yliopisto, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT), Åbo Akademi



PII-infrastrukturi.
Kuva: Studio Juha Sarkkinen.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

Painettavan älykkyyden infrastruktuurin eri palvelukategoriat liittyvät 1) materiaalitutkimukseen, 2) komponenttien kehittämiseen, 3) järjestelmän kehittämiseen ja 4) sovellusten kehittämiseen seuraavasti:

- **Materiaalit:** Infrastruktuurin karakterisointityökaluihin sisältyy kattava laitteisto pietosähköiseen poolaukseen, optiseen ja sähköiseen (taajuus enintään 67 GHz) karakterisointiin, luotettavuustestaukseen ja laitteiden monifysikaaliseen mallinnukseen. Lisäksi voidaan karakterisoida mekaanisia, termalisiä ja optisia ominaisuuksia. Tarkemmassa materiaalien karakterisoinnissa voidaan käyttää SEM-, AFM- ja röntgendiffraktometri (XRD) -kuvantamislaitteita. Musteen kehityksessä voidaan tutkia reologisia ominaisuuksia ja kostumisominaisuuksia sekä painettavuuden kannalta painettavien rakenteiden rakenteellisten (esim. paksuus, sivumitat ja karheus), morfologisten (kiteisyys) ja toiminnallisten ominaisuuksien (esim. sähköiset ja optiset ominaisuudet) määrittämistä (painolaatu).
- **Komponenttien kehittäminen:** Prosesseihin kuuluvat erilaiset ohut- ja paksukalvopinnoitteet sekä kuviotulostus, pintojen mikro- ja nanostrukturoidi, kerroslaminointi ja rakenteiden kapselointi. Laitetason tekniikoiden siirtäminen toiminnallisiin järjestelmiin edellyttää integrointivaiheita, jotka voidaan suorittaa käsittelemällä peräkkäin eri kerroksia, jolloin saadaan aikaan monoliittinen alusta. Vaihtoehtoisesti erilliset komponentit (painetut tai muut laitteet) voidaan asentaa painetulle alustalle, jolloin tuloksena on hybridirakenne. Lisäksi hybridi-integrointitekniikka mahdollistaa uusien optisten, sähköisten ja mekaanisten ominaisuuksien saumattoman integroinnin 3D-muovituotteisiin. Painolaitteisto sisältää useita tulostusalustoja, kuten mustesuihku-, syväpaino-, fleksopaino-, rasteri- ja mikroplasmatulostimet. Erityisesti tarjolla on useita mustesuihkutulostimia; teollisuus- ja pilottitulostimia,

joissa on integroidut jälkikäsitteily-yksiköt, fleksopaino-syväpaino-rasteripaino, syväpainotulostin, fleksopainotulostin, rasteritulostimet, erikoishieno mustesuihkutulostin µm- ja subµm-ominaisuuksille, mikroplasmatulostin korkean resoluution digitaalipintojen energiamallinnukseen, painetun elektroniikan 3D-järjestelmä ja atomikerrosraskeuma (lämpö ja plasma) samassa hansikaskaappijärjestelmässä haihduttimen ja mustesuihkon kanssa yhdenmukaisten kerrosten luomiseksi transistoreja ja esteitä varten.

- **Järjestelmän kehittäminen:** Laitetason tekniikoiden siirtäminen toiminnallisiin järjestelmiin edellyttää integrointivaiheita, jotka voidaan suorittaa tulostamalla peräkkäin eri kerroksia, jolloin saadaan aikaan monoliittinen alusta. Vaihtoehtoisesti erilliset komponentit (painetut tai muut laitteet) voidaan koota arkkii- tai rullapohjaisessa käsittelyssä painetulle alustalle, jolloin tuloksena on hybridirakenne. Lisäksi hybridi-integrointitekniikka mahdollistaa uusien optisten, sähköisten ja mekaanisten ominaisuuksien saumattoman integroinnin 3D-muovituotteisiin. Painettavan älykkyyden infrastrukturi tarjoaa erilaisia painetun älykkyyden sovelluksia ja palveluja toteutettavuustutkimuksista pilottimittakaavan tuotantokokeisiin. Valmistetuilla alamoduuleilla täydennetään injektointiprosessia, jossa 3D-moduuli ja mekaaniset liitännät toteutetaan.
- **Sovelluskehitys:** Painettavan älykkyyden infrastrukturi tarjoaa kokonaisuutena täyden arvoketjun eri sovelluksille, kun tarvitaan lähestymistapoja teknologian valmiustason nostamiseen. Sovelluksiin lukeutuvat muun muassa uudet materiaalit, mallit ja optimoidut valmistusmenetelmät. Lisäksi PII-infrastrukturi tukee kaikkien yhteistyökumppaneiden pyrkimyksiä saavuttaa kestävä painettu älykkyys kertyneen ja tutkitun osaamisen avulla.

RAMI Circular Raw Materials -tutkimusinfrastruktuuri

(Circular Raw Materials Research Infrastructure)



RAMI-tutkimusinfrastruktuurin laitteistoa.
Kuva: Pasi Puukko.

RAMI Circular Raw Materials -tutkimusinfrastruktuurin tarkoituksena on edistää Suomen maailmanlaajuisesti johtavan aseman vahvistamista kiertotalouden edellyttämän luonnonmateriaalien ja uusien epäorgaanisten materiaalien tutkimuksessa. RAMI-tutkimusinfrastruktuuri tarjoaa kokonaisvaltaisen lähestymistavan kiertävien raaka-aineiden arvoketjun kaikkiin vaiheisiin: tuotesuunnitteluun

– primääri- ja sekundäärituotantoon – uusiin materiaaleihin – käyttöön ja talteenottoon. Tutkimusinfrastruktuuri tukee raaka-ainemateriaalikiertojen sulkemiseen ja kestäväen energian tutkimukseen liittyvää toimintaa, jolla lisätään primääri- ja sekundääriraaka-aineiden arvoa, jalostusta ja kestäväää käyttöä tehokkaissa sovelluksissa. Näihin sisältyvät esimerkiksi rakennemateriaalit, katalysaattorit ja

akut sekä metallin talteenotto käyttöön lopussa (EoL) uudelleenkäytön, uudelleenvalmistuksen ja kierrätyksen (kuten sähkö- ja elektroniikkalaiteromun ja akkujen) avulla.

palveluja digitaalisessa materiaalisuunnittelussa, integroidussa laskennallisessa materiaalitekniikassa (ICME), (bio)hydro-metallurgiassa, mekaanisessa erotuksessa ja lisäaineiden valmistuksessa.

RAMI-konsortiossa hyödynnetään Aalto-yliopiston osaamista monimuotoisessa materiaalisuunnittelussa, tehostetun energiatehokkuuden synteesityökaluissa, energian varastointimateriaaleissa ja akkujen kierrätyksen edelläkävissä tiloissa. Osaamista täydentävät merkittävä pyro- ja hydrometallurginen osaaminen sekä kokeellinen termodynamiikka korkeissa lämpötiloissa ja vesiliuoksissa. Geologian tutkimuskeskuksen palvelutarjonta kattaa geomateriaalit, resurssien laskennan, etsinnän ja louhinnan, kierrätyksen ja prosessien optimoinnin. VTT tarjoaa

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

RAMI-tutkimusinfrastruktuuri tarjoaa pohjan asiantuntijoiden käytännön koulutukselle teollisuuden ja korkeakoulujen tulevaisuuden tarpeisiin. Avoimesti saatavilla oleva RAMI-infrastruktuuri tarjoaa käyttäjille kehittyneitä korkean teknologian työkaluja, edistää vaikuttavaa tieteellistä tutkimusta Suomen ja Euroopan mittakaavassa esimerkiksi EIT RawMaterials Zero-Waste -klusterin välityksellä ja maailmanlaajuisesti kansainvälisten yhteistyökumppaneiden kautta.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.rami-firi.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu (Aalto)
- **Muut tahot (organisaatiot):** Geologian tutkimuskeskus, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT)

Kielivarojen ja kielitekno- logian tutkimusinfrastruktuuri CLARIAH Suomi

(Common Language Resources and Technology Infrastructure)

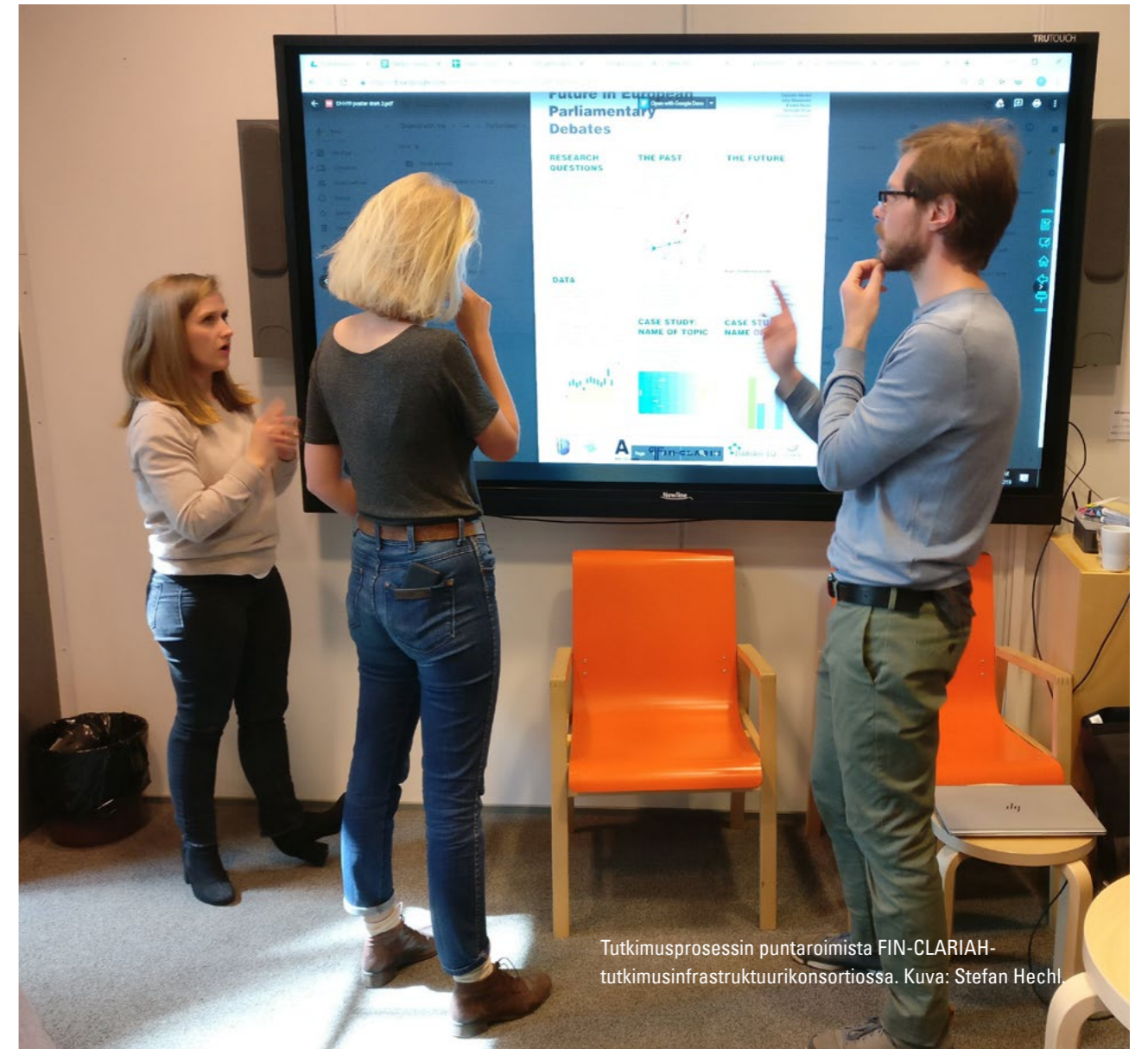
FIN-CLARIAH on yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden tutkimusinfrastruktuurikonsortio, jossa on kaksi osaa: FIN-CLARIN ja DARIAH-FI. FIN-CLARIN pyrkii olennaisesti laajentamaan kielivarojen ja kielitutkimuksen yhteisössä kehitettyjen vakiintuneiden parhaiden käytänteiden pohjalta infrastruktuuritukea. CLARIAH Finland on kahden osan yhteinen tutkimusinfrastruktuuri. Osat toimivat vastaavien kansainvälisten tutkimusinfrastruktuurien kansallisina keskuksina. Näistä Suomi on jo CLARIN ERICin jäsen.

FIN-CLARIAH tarjoaa saataville laajoja tekstuaalisiin ja multimodaalisiin kokoelmiin liittyviä aineistoja sekä työkaluja näiden analysointiin ja täydentämiseen. Kokoelmat kattavat eri ajanjaksoja, lajityyppejä ja alueita sekä erilaisia muotoja. Näihin lukeutuvat teksti, ääni, kuvat ja videot, jotka sisältävät tai joihin on lisätty luonnollista kieltä. FIN-CLARIAH:n ensisi-

jaisena tavoitteena on tarjota miljoonista asiakirjoista koostuvia työkaluja ja tietokantoja sekä kuratoita yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden tutkijoiden Suomessa tuottamaa tutkimustietoa ja työkaluja käytettäväksi CLARIAH Finland -tutkimusinfrastruktuurissa ja sen ulkopuolella. Näin yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden tutkijat voivat saavuttaa samanlaisen tutkimustulosten toistettavuuden kuin tavallisesti luonnontieteissä. Monia intuitioon perustuvia väittämiä voidaan tukea tai hylätä laajemman ja objektiivisemmän näytön perusteella. Tämä tekee satojen tutkijoiden, opettajien ja edistyneiden opiskelijoiden tutkimuksesta sekä tutkimuspohjaisesta opetuksesta entistä palkitsevampaa ja tehokkaampaa.

Infrastruktuurin työkalut ja aineistot palvelevat humanististen tieteiden eri alojen, kuten kielten, kulttuurin, kirjallisuuden ja historian tutkijoita sekä yhteiskunta-

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.fin-clariah.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Helsingin yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Aalto-yliopisto, CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy, Kotimaisten kielten keskus, Kansalliskirjasto, Kansalliskirjasto, Tampereen yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Jyväskylän yliopisto, Oulun yliopisto, Turun yliopisto, Vaasan yliopisto



Tutkimusprosessin puntaroimista FIN-CLARIAH-tutkimusinfrastruktuurikonsortiossa. Kuva: Stefan Hechl

tieteiden, oikeustieteen, lääketieteen ja tietotekniikan tutkijoita. Tietojenkäsittelytieteessä CLARIAH Finland palvelee datatieteen, visualisoinnin, koneoppimisen ja tekoälyn alueita, jotka ovat olennainen osa nykyaikaisia digitaalisia ihmistieteitä sekä yhteiskunta- ja oikeustieteellistä tutkimusta. Erityisesti kieliteknoologiaan liittyvä tekoälytutkimus riippuu olennaisesti laajojen kielivarojen saatavuudesta. Tutkimusinfrastruktuurin merkitys liittyy aineistojen määrään ja monipuolisuuteen sekä niiden saumattomaan saatavuuteen tutkijoiden kannalta.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

FIN-CLARIAH (FIN-CLARIN ja DARIAH-FI) tarjoaa työkaluja ja resursseja Kielipankki-verkkopalvelukeskuksen (www.kielipankki.fi) kautta. Tutkimusinfrastruktuurissa on useita verkkoyhteistyöalustoja, kuten Tieteen termipankki (www.tieteentermipankki.fi) ja Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot (digi.kansalliskirjasto.fi) sekä metatietoalustoja, kuten Linked Data Finland -alusta (ldf.fi) ja ONKI-ontologiapalvelut (onki.fi). Keskeisiä käyttäjäyhteisöjä ovat yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden tutkijat, mutta monet alustoista palvelevat myös muita taiteiden ja tieteiden aloja.

Eurooppalainen sosiaali- tutkimus ESS Suomi

(European Social Survey ESS Finland)

European Social Survey (ESS ERIC) on laaja eurooppalainen vertaileva kyselytutkimushanke, joka kartoittaa Euroopan maiden väestöjen keskuudessa vallitsevia arvoja, asenteita ja käyttäytymistä osana yhteiskunnallista muutosta. ESS on kerännyt tutkimusaineistoa vuodesta 2002 lähtien yhteensä 38:sta Euroopan maasta. Vuoden 2021 loppuun mennessä aikasarja-aineistoa on siten kertynyt jo yhteensä 10 kierrosta 20 vuoden ajalta.

ESS noudattaa kaikissa maissa aineiston keruussa ja mittareiden laadinnassa erittäin korkeita ja maittain vertailukelpoisia yhtenäisiä laatustandardeja. Laatustandardit alkavat otannasta päättyen kenttätömenetelmiin ja aineiston arkistointiin. Menetelmällinen tutkimus ja mittareiden kehittäminen ovat kiinteä osa ESSn toimintaa. Tutkimusaineisto ja aineistoa koskeva dokumentaatio sekä paradata ovat avoimesti ja maksutta julkisesti saatavilla.

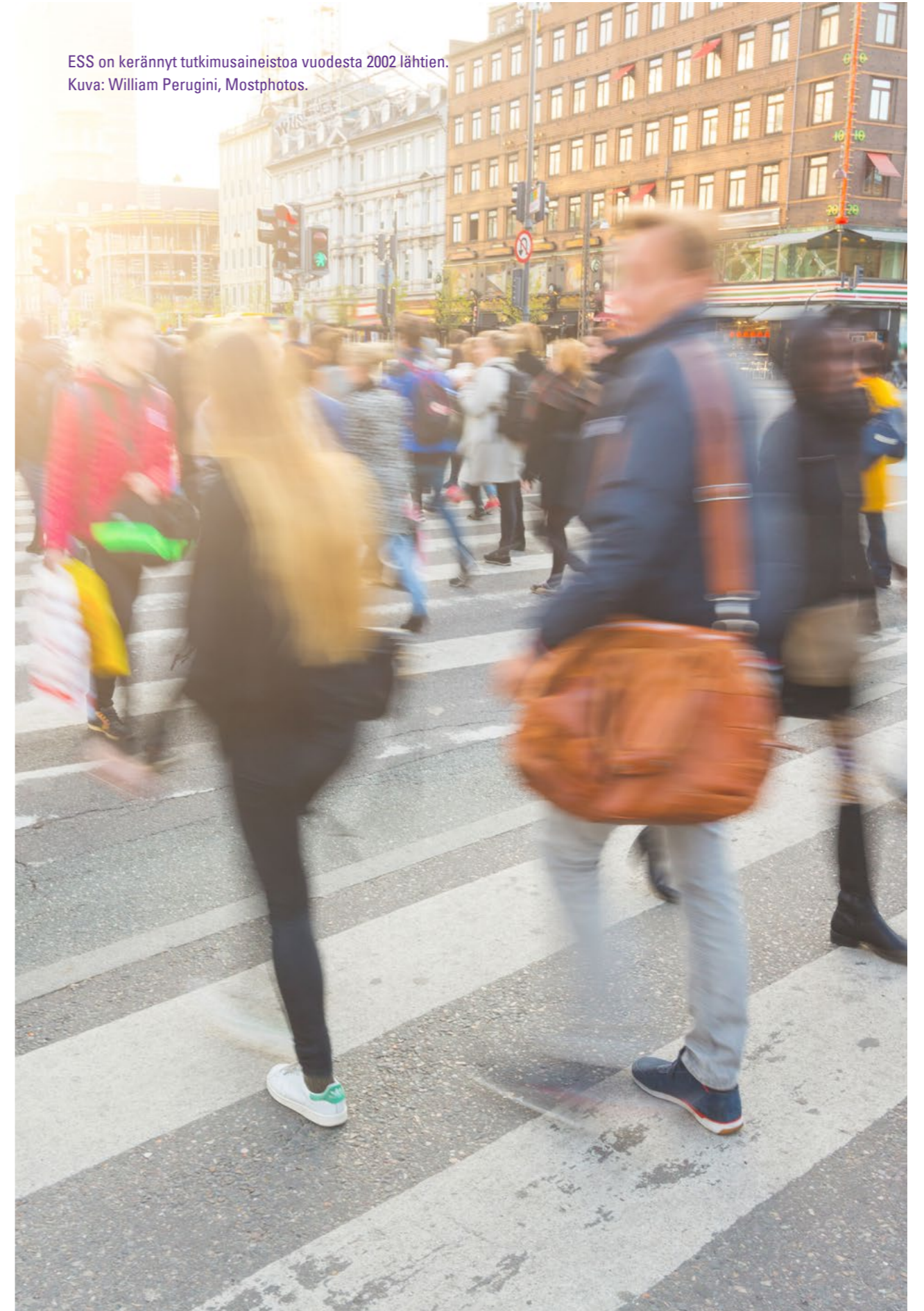
ESS-aineistoa käyttää yli 175 000 eri tieteentaloja edustavaa tutkijaa eri puolilla maailmaa. ESS on tarjonnut aineistoresurssin tuhansille vertaisarvioituille artikkeleille, tieteellisille kirjoille ja muille julkaisuille.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Tutkimusaineistot ESS R1 (2002) – R9 (2018) data & documentation (kaikki yksilötason survey-aineistot ryhmiteltynä maittain ja vuosittain).
- Kumulatiivinen aineisto Wizard (yhdistetty aineisto sekä Wizard-työkalu, jolla voi valita aineistoon mukaan otettavia kierroksia, maita ja muuttujia tarpeen mukaan).
- Online analyysi (selainpohjainen tilastollinen analyysiohjelma).
- Metodologinen data (otantaa, kenttätöitä ja mittaritestauksia koskeva aineisto).
- Monitasoaineistot (kokoelma keskeisiä maatason indikaattoreita yhdistettynä yksilötason datoihin).
- ESS Edunet (verkkopohjainen survey metodologian oppimislaboratorio).
- Shared User Resources (muuttujien koodausta ja käsittelyä koskevia ohjeita tutkijoille).
- Seminaareja ja konferensseja.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:**
www.europeansocialsurvey.org; www.sites.utu.fi/europeansocialsurvey
- **Vastuutaho (organisaatio):** Turun yliopisto, Sosiaalitieteiden laitos

ESS on kerännyt tutkimusaineistoa vuodesta 2002 lähtien.
Kuva: William Perugini, Mostphotos.



Kansallinen väestötutkimuksen infrastruktuuri FIRI-PBS

(Finnish Research Infrastructure on Population Based Surveys)

FIRI-PBS on konsortioyhteisöjen yhdessä omistama hajautettu tutkimusinfrastruktuuri, jota kehitetään parhaillaan. Infrastruktuuri keskittyy väestöpohjaisissa terveystutkimuksissa kerättyihin tietoihin. Väestöpohjaisella tutkimusaineistolla tarkoitetaan kyselyillä kerättyä tietoa terveydestä ja sen tekijöistä, objektiivisia terveystutkimuksia ja niiden yhdistämistä hallinnollisiin tietolähteisiin.

Tällä hetkellä suurin osa olemassa olevista datajoukoista ja asiantuntemuksesta on hajallaan eri organisaatioissa, jotka ovat vuosien mittaan toteuttaneet kyselytutkimuksia ja tehneet niihin liittyviä ylimääräisiä poikittais-, kohortti- ja interventiotutkimuksia. Juuri nyt ei ole olemassa yhtä keskitettyä portaalia, jossa olisi saatavilla yhteenveto olemassa olevista tiedoista, tietämyksestä ja

asiantuntemuksesta. Tämä haittaa tiedon tehokasta toissijaista käyttöä ja saattaa johtaa tilanteisiin, joissa käynnistetään uusi tiedonkeruu, vaikka tarvittava tieto olisikin jo olemassa. Vaikka Suomessa on vastikään perustettu terveysalan tietolupaviranomainen Findata, joka tukee sosiaali- ja terveysalan tietojen toissijaista käyttöä, sen toimeksianto ei kata aukottomasti suomalaisia tiedon omistajia, kuten yliopistoja tai kaikkia mukana olevien organisaatioiden tietolähteitä. Tästä syystä monet tutkimustietolähteet jäävät Findatan toimeksiannon ulkopuolelle.

Eri tietolähteitä yhdistämällä saatu laaja tietokanta mahdollistaa kokonaisvaltaisen ja monialaisen lähestymistavan terveyden ja sen tekijöiden tutkimiseen, ennaltaehkäisyä ja hoidon innovaatioiden kehittämiseen sekä näyttöön perustuvien poliittisten päätösten tukemiseen.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.firi-pbs.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL)
- **Muut tahot (organisaatiot):** Työterveyslaitos, Itä-Suomen yliopisto, Helsingin yliopisto, Tampereen yliopisto, Turun yliopisto ja Oulun yliopisto



Pituusmittausta FIRI-PBS:ssä.
Kuva: Hanna Tolonen.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

FIRI-PBSiin luodaan seuraavat palvelut ja työkalut vaiheittain, eli kaikki palvelut eivät ole käytettävissä alusta alkaen.

- Palvelujen keskiössä on tietoportaalit, keskitetty yhteispiste tutkijoille ja muille sidosryhmille. Portaalien kautta voi tutustua seuraaviin tietoihin:
- Kuvaus tutkimusinfrastruktuurin kumppaneista ja näiden osaamisesta, eli luettelo Suomessa olevista asiantuntijoista terveyteen liittyvien väestötutkimusten alalla.
- Haettavissa oleva tietoluettelo, joka sisältää vakiomuotoista tietoa konsortioyhteisöjen omistamista, olemassa olevista datajoukoista. Tietoa on saatavilla muun muassa seuraavista kohteista: kohdeväestö, tiedonkeruun ajankohta ja kerätyn tiedon yksityiskohdat sekä tieto johdetuista ja jälkepäin yhdenmukaistetuista muuttujista sekä eettisen hyväksynnän ja tietoon perustuvan suostumuksen kattavuus. Tietoluettelo tukee FAIR-periaatetta eli se sisältää myös tietoa luetteloituihin datajoukkoihin pääsemisestä.
- Väestöpohjaisten kyselymenetelmien luettelo, joka sisältää tietoa olemassa olevista ja käytetyistä vakiomuotoisista kyselylomakkeista ja muista tutkimusmenetelmistä, kuten fyysisen terveyden mittausprotokollista, kysymysten kääntämisestä eri kielille, kyselymoduulien / mittausprotokollien mahdollisesta validoinnista ja saatavilla olevia tietoaaineistoja varten vahvistetuista yhdenmukaistamisen jälkeisistä protokollista / säännöistä.
- ELSI- ja FAIR-ohjeet sisältäen yleiset esimerkit tietoaineistosta ja tietoon perustuvista suostumuksista, jotka täyttävät yleisen tietosuoja-asetuksen vaatimukset. Samalla varmistetaan kerätyn tiedon mahdollisimman laaja-alainen käyttö ja vaadittujen tietueiden linkittäminen muihin tietolähteisiin.
- Työkalulaatikko, joka sisältää joukon ohjeita, ohjelmakoodia ja muita käytännön työkaluja. Ohjeet voivat sisältää aiheita muun muassa tietueiden linkittämisestä ja tutkimuksiin vastaamatta jättämisen hallinnasta. Ohjelmakoodit voivat olla esimerkiksi tiedon puhdistamiseen käytettyjä R-koodeja. Käytännön työkaluilla tuetaan tietoon perustuvan suostumuksen hallintaa ja osallistujan oikeutta tarkistaa kerätyt henkilötiedot. Lisäksi käytännön työkalut tukevat etätiedonsaantia ja analysointijärjestelmää.
- Valmiuksien kehittäminen, joka kattaa esimerkiksi koulutusmahdollisuudet, verkko-oppimateriaalit ja webinaarin väestöpohjaisen terveystutkimustiedon käytön ja keräämisen järjestämisestä.

FIRI-PBS-tutkimusinfrastruktuurin tehtävänä on:

- edistää olemassa olevan ja äskettäin kerätyn väestöpohjaisen tutkimustiedon aktiivista käyttöä sekä kansallisissa että kansainvälisissä tutkimusaloiteissa ja monialaisessa yhteistyössä
- lisätä tietämystä yleisistä standardoituista välineistä ja niiden käytöstä uuden tutkimustiedon keräämiseksi
- parantaa tiedon laatua ja uuden tiedon kustannustehokasta keräämistä.

Tutkimusinfrastruktuurin tavoitteena on tukea tutkijoita ja tutkimusryhmiä:

- olemassa olevaan tutkimustietoon pääsemisessä ja sen käytössä tukemalla FAIR-periaatetta (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) ja parantamalla esimerkiksi olemassa olevan tiedon toissijaista käyttöä
- uuden tutkimuksen valmistelussa helpottamalla standardoitujen ja validoitujen menetelmien ja välineiden käyttöä tutkimustulosten vertailtavuuden parantamiseksi ajan mittaan.

The Finnish Research Infrastructure for Public Opinion

- Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut: www.firipo.fi
- Vastuutaho (organisaatio): Åbo Akademi
- Muut tahot (organisaatiot): Turun yliopisto, Tampereen yliopisto

FIRIPO-tutkimusinfrastruktuurin tiloja
Tampereen yliopistolla.
Kuva: Hanna Björkstедt.

Yleisen mielipiteen suomalainen tutkimusinfrastruktuuri (The Finnish Research Infrastructure for Public Opinion, FIRIPO) tekee monialaista yhteistyötä yleisen mielipiteen, asenteiden muodostumisen ja valintakäyttäytymisen tutkimisen alalla. FIRIPO palvelee laajasti eri tieteenaloja ja tutkijoita eri puolilla maailmaa. FIRIPO myös välittää tietoa yhteiskunnassa erityisesti päätöksentekijöille ja medialle.

Paneelien laaja-alaisen datasuunnittelun avulla FIRIPO pystyy seuraamaan yleisen mielipiteen kehitystä ja myös vastaamaan nopeasti kaikkiin yleistä mielipidettä koskeviin tarpeisiin nykyisissä poliittisissa kysymyksissä. Lisäksi FIRIPO avustaa laboratorioita kokeellisessa tutkimuksessa.

Tutkimusinfrastruktuurina FIRIPO:lla on kolme keskeistä tavoitetta:

- Järjestää ja koordinoi yleistä mielipidettä koskevaa tieteellistä tutkimusta Suomessa,
- Oppia, kehittää ja jakaa (uusia) menetelmiä yleisen mielipiteen tutkimuksessa ja
- Edistää yleisen mielipiteen ja valintakäyttäytymisen kyselytutkimuksen ja kokeellisen tutkimuksen avointa alustaa.

FIRIPO on tällä hetkellä ensimmäisellä rahoituskautellaan ja vielä rakennusvaiheessa. Tämän ajanjakson lopussa palvelut on tarkoitus keskittää FIRIPO-portaaliin, jotta pääsy infrastruktuurin kaikkiin osiin on helppoa yhden yhdyskäytävän kautta.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Kansalaispaneeli: verkkokyselyihin vastaajien yleisen mielipiteen tutkimuspooli (nykyinen n = 4 250) www.kansalaismielipide.fi.
- Poliitikkopaneeli: paikallisten poliitikkojen pooli verkkokyselyjä varten (nykyinen n = 1 000).
- Ruotsinkielinen barometri: ruotsinkielisten vastaajien yleisen mielipiteen tutkimuspooli verkkokyselyjä varten (nykyinen n = 4 700) www.barometern.fi.
- Päätöksentekolaboratoriot
 - Tampereen yliopisto webpages.tuni.fi/dmlab/public/
 - Turun yliopisto pcrclab.utu.fi/
- Åbo Akademiin perustetut pohdintalaboratoriot (toiminnassa tammikuusta 2022 alkaen).
- Etnisen vähemmistön paneeli (syksystä 2022 alkaen).
- Vierailijan ohjelma (täysin toiminnassa syksystä 2021 alkaen).



Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto CESSDA Suomi

(The Finnish Social Science Data Archive)

Tietoarkisto. Kuva: Outi Törnblom.

Tietoarkisto arkistoi ja levittää suomalaisen yhteiskunnan, ihmisten ja kulttuuri-ilmiöiden tutkimiseksi kerättyä digitaalista tutkimustietoa ja huolehtii sen pitkäaikaisesta säilytyksestä. Suurin osa arkistoiduista aineistoista on kvantitatiivista tutkimustietoa ja kvalitatiivista tekstitietoa. Tietoarkiston tiedot kerätään yleensä tutkimustarkoituksiin. Tietoarkisto hankkii aktiivisesti uusia aineistoja arkistointia varten ja tukee niiden uudelleenkäyttöä eri tavoin.

Arkistoituja aineistoja välitetään pääasiassa tutkimukseen, opetukseen ja opiskeluun. Jotkin aineistot ovat vapaasti käytettävissä mihin tahansa tarkoitukseen. Tietoarkiston tiedot soveltuvat muun muassa yhteiskuntatieteiden, humanististen tieteiden, kasvatustieteiden sekä terveystieteiden tutkimukseen, opetukseen ja opiskeluun. Tietoarkistolla on myös tietojen tallettajia ja käyttäjiä useilta muilta aloilta ja tieteenaloilta.

Tietoarkisto on kansallinen resurssikeskus, joka toimii eurooppalaisten tietoarkistojen yhteenliittymän CESSDA ERICn palveluntuottajana. Lisäksi Tietoarkisto koordinoi kahden kansainvälisen vertailututkimusohjelman suomalaista tiedonkeruuta ja Suomen jäsenyyttä Yhdysvalloissa sijaitsevassa yliopistojen välisessä poliittisen ja yhteiskunnallisen tutkimuksen yhteenliittymässä (ICPSR).

Tietoarkisto on asiantuntijaorganisaatio, jonka ammattitaitoiset työntekijät työskentelevät sekä arkistointisäilytyksen että teknisen infrastruktuurin parissa. He ylläpitävät olemassa olevia palveluja sekä kehittävät ja tuottavat uusia palveluja yhteistyössä kansallisten ja kansainvälisten kumppaneiden kanssa. Tietoarkisto perustettiin vuonna 1999 täyttämään opetus- ja kulttuuriministeriön Tampereen yliopistolle asettama tehtävä. Tietoarkiston toimintaa rahoittavat ministeriö, yliopisto ja ns. ulkopuoliset rahoittajat, joista merkittävin on Suomen Akatemia.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Aila (tutkimusaineistojen tallentaminen ja lataaminen uudelleenkäyttöön)
- Aineistojen arkistointi
- Tietopalvelu
- Aineistonhallinnan käsikirja
- Tutkimusmenetelmien verkkokäsikirja
- Kirjoitusaineistojen keruutyökalu Penna
- Poliittisten ohjelmien tietovaranto Pohtiva
- FNESdata-pitkittäisaineistoportaali
- Tietomilli Mieliipidepuntari
- KUHA2-ohjelmisto metadatan haravointiin
- Tiedonkuvausten toimittaminen haravointiin yhteisistä aineistoluetteloista.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.fsd.tuni.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Tampereen yliopisto

Maa-avaruus-tutkimus- ekosysteemi E2S

(Earth-space research ecosystem)

Maa-avaruus-tutkimusekosysteemi (E2S) tutkii avaruuden ja ilmakehän vuorovaikutuksia sekä siinä esiintyvien luonnonilmiöiden vaikutusta jokapäiväiseen elämäämme. Lähi- ja kaukoavaruudessa havaittavien luonnonilmiöiden ja niiden muutosten vaikutukset heijastuvat ilmakehän ylimpiin kerroksiin, ja lopulta maahan saakka. Avaruuden ja ilmakehän olosuhteet ovat jatkuvassa muutoksessa, ja näiden muutosten vaikutukset näkyvät syklisesti vaihtelevana otsonikerroksen paksuutena, geomagneettisena aktiivisuutena, radiohäiriöinä ja ilmaston muuttumisena mukaan lukien vaikutukset hiilenkiertoon.

E2S seuraa avaruuden ja pohjoisen ympäristön muutosta vuodenajasta, vuodesta, vuosikymmenestä ja vuosisadasta toiseen. Muutosten vaikutukset on otettava huomioon alati teknistyvässä ja avaruudesta riippuvaisessa yhteiskunnassamme, jotta jo normiksi tulleet yhteiskunnan toiminnot pystytään takaamaan jatkossakin (ml. paikannus, navigointi, avaruusturvallisuus ja satelliittikommunikointi). Magneettisen ympäristön ja hiukkas- ja radioympäristön muutokset ovat usein seurausta lähiavaruuden tapahtumista ja erityisesti auringon myrskyjen tuot-

tamista häiriöistä. Näiden häiriöiden vaikutukset ulottuvat ilmakehän eri osiin. Sieltä niitä voidaan seurata pitkäaikaisilla laadukkailla mittauksilla.

E2S sisältää havaintoja Tähtelän ja Metsähovin suurmittausalueilta. Molemmat mittausalueet kuuluvat maailman monipuolisimpien tutkimusalueiden joukkoon. Sodankylän avaruuskampus Tähtelässä ja Metsähovi yhdessä muodostavat kansainvälisesti ainutlaatuisen infrastruktuurin, joka sisältää mittauksia ja asiantuntemusta kaukaisesta ja lähiavaruudesta ilmakehään ja maan pinnalle asti. Mittalaitteilla pystytään kattavasti seuraamaan taajuusaluetta mHz-GHz sekä olennaisia lyhyemmän aallonpituusalueen kaistoja (UV, VIS, NIR, IR). Viimeisen puolentoista vuosisadan ajalta kerätyt mittaukset mahdollistavat Arktisen alueen ja avaruuden olosuhteiden monipuolisen tutkimisen.

E2S-infrastruktuurin kattavilla mittauksilla seurataan avaruuden ja Arktisen alueen tilannekuvaa ympäri vuoden, kaikkina vuorokaudenaikoina. Mittauksia tehdään maan pinnalta magnetometreillä, revontulikameroilla, radioteleskoopeilla ja -antenneilla, riometreillä, tutkilla, VLF-sensoreilla, satelliittipaikannussignaalin



FinnRef-aseman puhdistamista lumesta. Kuva: Topi Rikkinen.

vastaanottoasemilla, satelliittilaserilla ja eri aallonpituusalueen spektrometreillä sekä ilmasta droneilla ja avaruudesta satelliiteilla. E2S-infrastruktuuri sisältää omiin keksintöihin perustuvia, itse rakennettuja mittalaitteita sekä kustomoituja sensorijärjestelmiä.

E2S mahdollistaa jokapäiväiseen elämäämme vaikuttavien tutkimuskysymysten ratkaisemisen sekä elinympäristömme monipuolisen ymmärtämisen. Tutkimusinfrastruktuurin avulla etsitään vastauksia muun muassa siihen, mikä on paras tapa erottaa luonnolliset ja keinotekoiset paikannushäiriöt toisistaan, miten erilaiset luonnonuhat vaikuttavat elämäämme ja muokkaavat elinympäristöämme, kuinka tarkasti ja millä aikajännteellä ilmasto- ja geouhkien vaikutuksia pystytään ennustamaan, mitä yhteiskunnan toimintojen suunnittelussa on otettava huomioon ja miten äärivaikutuksilta pystytään parhaiten suojautumaan.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Observatoriotasoisia jatkuvia mittauksia vuodesta 1914 ja yksittäisiä jaksoja edeltäviltä vuosikymmeniltä. Meteorologisia mittauksia, ilmakehäluotauksia sekä magneettisen- ja radioympäristön muutosten ja häiriöiden pitkäaikaisseurantaa 24/7.
- Ympäristön häiriöiden ja luonnonuhkien seuranta kattavasti taajuusalueella mHz – GHz sekä näkyvän valon, UV- ja infrapunasäteilyn taajuuskaistoilla.
- Luonnollisten radiohäiriöiden tunnistamista ja erottamista keinotekoisista radiohäiriöistä sekä lähi- ja kaukoavaruuden radiohäiriöiden asiantuntemusta.
- Auringon aktiivisuuden ja aurinkomyrskyjen seuranta sekä uusia auringon aktiivisuusindikaattoreita.
- Magneettisen ympäristön häiriöiden, avaruusilmaston ja avaruussään osaamista ja selainpohjaisia quick-look kuvia ml. pulsaatio- ja revontuliovaali.
- Hiilen- ja vedenkiertoon liittyvää jatkuvaa olennaisten in situ suureiden seuranta eri ekosysteemeissä (hiilivuo, lumipeite, maaperän kosteus ja routa, kasvillisuuden fysiologia) sekä kampanjamittauksia ja asiantuntemusta.
- Kustomoituja droneja, droonimittausalustoja ja drooniratkaisuja haastavien mittauspaiikkojen kartoitukseen sekä kampanjamittauksiin.
- Satelliittipohjaisten mittausten vastaanottoa ja satelliittikommunikointipalveluita sekä CAL-VAL menetelmiä satelliittidatan kalibrointiin ja validointiin.
- Tähtelän ja Metsähovin tiedepäivät vuorovuosina sekä intensiivipetusta, kenttäkursseja ja puitteet kansainvälisille tutkimusvierailuille ml. tekninen tuki ja majoitustilat.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.oulu.fi/sgo/e2s
- **Vastuutaho (organisaatio):** Oulun yliopiston Sodankylän geofysiikan observatorio
- **Muut tahot (organisaatiot):** Aalto yliopiston Metsähovin radiotutkimusasema, Ilmatieteen laitos, Maanmittauslaitos



Digitointia Suomen lajitietokeskuksessa.
Kuva: Leif Schulman.

Suomen lajitietokeskus FinBIF

(Finnish Biodiversity Information Facility)

Suomen lajitietokeskus (FinBIF) -tutkimusinfrastruktuuri perustettiin vauhdittamaan biologisen monimuotoisuusdatan digitalisointia, mobilisointia ja avointa jakelua sekä lisäämään datan käyttöä tutkimuksessa, päätöksenteossa, koulutuksessa ja liiketoiminnassa.

FinBIF on hajautettu, mutta integroitu e-infrastruktuuri. Infrastruktuuriin sisältyy

monesta lähteestä tuotetun datan mobilisointi, tieto- ja viestintäteknikan kehittäminen tiedonhallintaa ja -jakelua varten, tiedonhallinta- ja analysointipalvelut sekä datantarjoajien ja -käyttäjien monialainen verkosto.

Datantarjoajat ja dataa tuottavat prosessit syöttävät dataa olemassa oleviin tai FinBIFn luomiin tietokantoihin, joissa

data käy läpi standardointi- ja merkintäprosessin FinBIFin tietovarastoa varten. Prosessin pohjalta luodaan yksi oikeudellisten käyttörajoitusten mukainen ja käyttötarkoitukseen soveltuva tietomassa. Avoin tieto ja palvelut tarjotaan yhden luokun portaalissa osoitteessa laji.fi. Pieni osa tiedoista on rinnakkaisportaalista tietopyyntöpalvelun kautta valtuutetuille virkamiehille ja harkinnanvaraisesti tutkijoille tarjottavia rajatun käytön tietoja.

Palvelun kehittäminen uusia tutkimusalueita varten jatkuu

FinBIFn keskeiset kansalliset kumppanit ovat maan viisi suurinta luonnontieteellistä kokoelmakeskusta: Helsingin yliopiston luonnontieteellinen keskusmuseo

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Big datan tarjoaminen laji.fi-portaalissa: Kokoamalla big datan konsolidoidun kokonaisuuden FinBIF auttaa tutkijoita tunnistamaan aiemmat, nykyiset ja nopeasti kehittyvät big data -mallit. Tämä helpottaa mallien analysointia yhdessä selittävien muuttujien kanssa.
- Finnish Barcode of Life -hankkeessa luotu suomalaisten eliölaajien DNA-viivakoodikirjasto: Kirjastoa jaetaan FinBIF-järjestelmän kautta, ja sen avulla lajit voidaan tunnistaa DNAn perusteella.
- Näytteiden kuvantaminen: Tutkijat ja opettajat voivat saada korkearesoluutioisia kuvia tai 3D-kuvia näytteistä niiden analysointia ja julkaisujen tai opetusmateriaalin havainnollistamista varten.
- Tiedonhallintapalvelut: Kokoelmien hallintajärjestelmä on kehitetty ja toimitettu kaikille suomalaisille luonnontieteellisille kokoelmakeskuksille. Seurantatiedon rääätälöidyt syöttö- ja hallinta-alustat luodaan tutkimusta ja standardoituja tiedonkeruuhankkeita varten. Tutkimusryhmille annetaan neuvoja tiedonhallinnasta.
- Koulutuspalvelut: Helsingin yliopiston verkko-oppimisympäristö on integroitu FinBIFin tietojärjestelmiin ja tietovarantoihin. FinBIF isännöi iNaturalist Suomi -verkkopalvelua, jota voidaan käyttää lajien tunnistamista koskevassa koulutuksessa.
- Tutkimuskäyttöpalvelut: FinBIF suunnittelee työkaluja portaalissaan jaettavien tietojen visualisointia ja analysointia varten. FinBIF-ohjelmointirajapinnassa on datan koontinäyttö ja R-ohjelmointikielen käyttöliittymä. Lisäksi useita analysointityökaluja suunnitellaan parhaillaan.

Luomus, Oulun ja Turun yliopistojen biodiversiteettiyksiköt sekä Jyväskylän yliopiston ja Kuopion kaupungin luonnontieteelliset kokoelmakeskukset. Käynnissä olevaan kehittämisjaksoon, joka päättyy 2022, osallistuu myös Luonnonvarakeskus (Luke). Suomen ympäristökeskus (SYKE) on liittynyt ydinkonsortioon vuonna 2021.

FinBIF on GBIF-hankkeen (Global Biodiversity Information Facility) kansallinen keskus Suomessa. FinBIFn keskeiset kumppanit muodostavat myös DiSSCo-järjestelmän (Distributed System of Scientific Collections) kansallisen keskuksen. Kyseinen keskus on ESFRI-tiekartan tutkimusinfrastruktuuri.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.laji.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Suomen luonnonhistoriallinen museo Luomus, Helsingin yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Oulun yliopiston biodiversiteettiyksikkö, Turun yliopiston biodiversiteettiyksikkö, Jyväskylän yliopistomuseo, Kuopion luonnontieteellinen museo, Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Euroopan mannerlaattojen havainnointijärjestelmä EPOS Suomi

(European Plate Observing System FIN-EPOS)

Euroopan mannerlaattojen havainnointijärjestelmä – EPOS (European Plate Observing System: www.epos-eu.org) on monialainen hajautettu yhteiseurooppalainen geotieteellinen tutkimusinfrastruktuuri, jolle on myönnetty ESFRI Landmark status. EPOS muodostuu kansallisista mittausasemista, dataverkoista, kansainvälisistä tietokeskuksista ja tietovarastoista sekä toimintaa ohjaavasta päämajasta.

EPOS edistää ja yhtenäistää eurooppalaisen kiinteän maan datan, datatuotteiden ja instrumenttien käyttöä. EPOS tuo yhteen geo- ja ympäristöalan tutkijat, kansalliset tutkimusinfrastruktuurit, tieto- ja viestintätekniikan asiantuntijat, päätöksentekijät ja kansalaiset. Tavoitteena on kehittää uusia menetelmiä, työkaluja ja pitkäjänteisiä ratkaisuja geologis-geofyysikaalisten prosessien ja niistä johtuvien luonnonkatastrofien ymmärtämiseen

sekä mineraalisten luonnonvarojen ja energiavarojen kartoittamiseen, käyttöön ja valvontaan. EPOS edistää geofysiikan eri alojen tietojen yhdistämistä ja pyrkii avoimen geotieteellisen tiedon ja menetelmien pääasialliseksi tietokeskukseksi Euroopassa.

Kansallinen EPOS-konsortio, FIN-EPOS, on suomalaisten toimijoiden yhteisö, jonka jäsenet omistavat ja ylläpitävät kiinteän maan geofysiikan havaintoasemia, laboratorioita ja tietokeskuksia. Havaintoaineistoa toimitetaan kahdeksaan eri temaattisen alan palvelukeskukseen (Thematic Core Service – TCS): Seismologia, GNSS data ja tuotteet, Geomagnetiset havainnot, Ihmisen aiheuttama seisminen uhka, Monialaiset laboratoriot, Geologinen tieto ja mallinnus, Satelliittidata ja Vähähiilisen geoenergian testausalustat.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www2.helsinki.fi/fi/infrastruktuurit/fin-epos
- **Vastuutaho (organisaatio):** Helsingin yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Aalto-yliopisto, CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy, Paikkatietokeskus, Ilmatieteen laitos, Geologian tutkimuskeskus, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (VTT), Oulun yliopisto



FIN-EPOS -tutkimusinfrastruktuurin laitteistoja.
Kuva: FIN-EPOS.

FIN-EPOS on kuin EPOS pienoiskoossa ja sen toiminnot ovat tällä hetkellä suunnittelu-, toteutus- tai operatiivisessa vaiheessa. FIN-EPOS -hanketta koordinoi Helsingin yliopiston Seismologian instituutti. FIN-EPOS -johtoryhmä vastaa pitkän aikavälin suunnitelmasta sekä ohjaa ja kehittää FIN-EPOS tutkimusinfrastruktuurin toimintoja ja näkyvyyttä niin pohjoismaisissa kuin eurooppalaisissa EPOSiin liittyvissä aloitteissa. FIN-EPOS valvoo kansallista tiedonsiirtoa EPOSiin ja pyrkii laajentamaan EPOS-datan käyttäjäkuntaa. Suomen on määrä liittyä EPOS ERICin täysimääräiseksi jäseneksi vuoden 2022 aikana.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- EPOS pyrkii kehittämään kokonaisvaltaisen, kestävä ja monialaisen tutkimusalan, joka tarjoaa koordinoitua pääsyn yhdenmukaistettuihin ja laadultaan valvottuihin kiinteän maan datoihin sekä niiden analysointiin ja mallinnukseen liittyviin työkaluihin.
- EPOS varmistaa, että uudet datatuotteet ovat tutkijoiden ja yhteiskunnan käytettävissä.
- FIN-EPOS -partnerit tarjoavat pääsyn suomalaisen avoimeen dataan, datatuotteisiin ja kansainvälisen pääsyn laboratorioihin ja observatorioihin.
- FIN-EPOS -verkkosivujen kautta suomalaiset tutkijat, opiskelijat, viranomaiset, viestimet ja kansalaiset saavat tietoa FIN-EPOSista ja Euroopan tason EPOSista. Lisäksi he voivat hakeutua EPOS-sivustoille, josta he saavat käyttöönsä Euroopan laajuisia monitieteellisiä tutkimusaineistoja.
- Kehitteillä olevilta suomenkielisiltä FIN-EPOS -kirjautumisvustoilta käyttäjät tulevat saamaan pääsyn monitieteellisiin tutkimusaineistoihin ja ohjelmistoihin sekä tietoa liikuteltavien laitteiden käyttömahdollisuuksista yms.



Merellä elöyhteisöjä jäljitteleviä tutkimuskoeyksiköitä FINMARI-tutkimusinfrastruktuurissa.
Kuva: Pirjo Kuuppo.

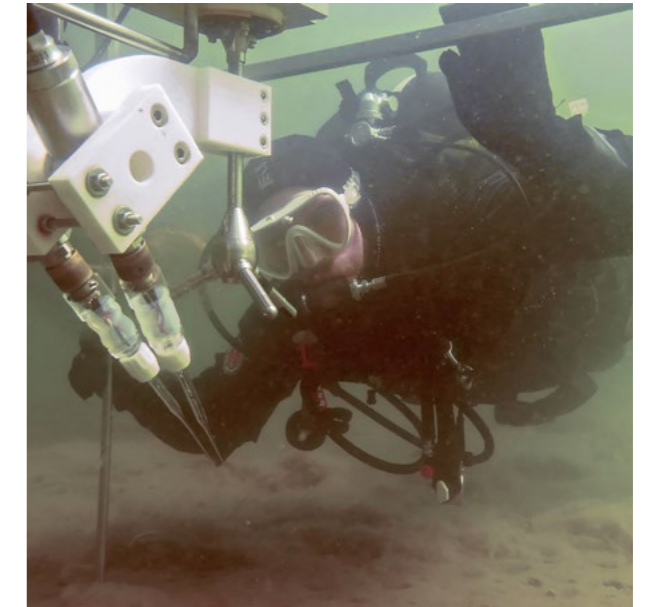
Suomen merentutkimuksen hajautettu infrastruktuuri FINMARI

(Finnish Marine Research Infrastructure)

FINMARI merentutkimusinfrastruktuuri kokoaa yhteen keskeiset suomalaisen merentutkimuksen toimijat. FINMARI on hajautettu infrastruktuuri, joka koostuu kenttäasemista, tutkimusaluksista, tutkimus- ja kenttälaboratorioista sekä kiinteistä ja liikkuvista mittauslaitteistoista (mm. gliderit, ferryboxit, profiloivat poijut). Infrastruktuuri muodostaa ainutlaatuisen monitieteisen alustan merentutkimukselle.

FINMARI liittyy yhteen konsortion partnerilaitosten vahvuudet yhdistämällä osaa-

Sukeltaja merentutkimustyössä.
Kuva: Alf Norkko.



misen ja asiantuntemuksen meriekologiasta, geologiasta, kemiasta, biologiasta, kalataloudesta, ns. sinisestä kasvusta ja yhteiskuntatutkimuksesta. FINMARIin tieteellisinä painopisteinä ovat biodiversiteetin, ekosysteemin toiminnan ja ilmastonmuutoksen tutkimus, joita varten kehitetään tutkimusaluksia sekä kokeelliseen työhön että havaintotoimintaan.

Toinen infrastruktuurin keskeisistä teemoista on uuden sukupolven merentutkimusmenetelmät, kuten esim. autonomiset mittausinstrumentit. Kyseiset menetelmät ovat välttämättömiä meren fyysikaalisen dynamiikan sekä siihen liittyvien kemiallisten ja biologisten prosessien ymmärtämiseksi.

FINMARIin tavoite on olla vahva, integroitu merentutkimuksen infrastruktuuri myös kansainvälisessä mittakaavassa. Infrastruktuurin tuottama tieto ja palvelut ovat avoimesti tutkimuksen, koulutuksen sekä päätöksenteon käytävissä. FINMARI soveltaa perustutkimuksesta saatua tietoa laajasti eteenpäin merensuojelussa ja yhteiskunnassa. Lisäksi FINMARI-infrastruktuuri vahvistaa suomalaisen merentutkimuksen globaalia merkitystä aktiivisen eurooppalaisen infrastruktuuriyhteistyön kautta.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Data sekä dataan perustuvat tuotteet ja palvelut
- Reaaliaikainen operatiivinen mittausaineisto
- Ei-reaaliaikainen mittausaineisto
- Projektien kenttämittaukset
- Kokeellisten kenttä- tai laboratoriotutkimusten aineistot
- Infrastruktuurien (esim. alusten ja laboratoriodien) käyttö
- Infrastruktuurien etäkäyttö
- Biologiset tai fyysiset materiaalit
- Mittausensorien huoltoon, menetelmien validointiin ja kalibrointiin liittyvät palvelut
- Parhaat käytännöt ja avoin koodi.

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.finmari-infrastructure.fi
- **Vastuutaho (organisaatio):** Suomen ympäristökeskus (SYKE)
- **Muut tahot (organisaatiot):** Helsingin yliopisto / Tvärminnen eläintieteellinen asema, Turun yliopisto / Saaristomeren tutkimuslaitos, Åbo Akademi / Husön Biologinen asema, Ilmatieteen laitos, Geologian tutkimuskeskus, Luonnonvarakeskus (Luke)



Pallaksen tutkimusasema.
Kuva: Juha Hatakka.

Ilmakehä- ja ekosysteemitutkimuksen tutkimusinfrastruktuuri INAR RI

(Integrated Atmospheric and Earth System Research Infrastructure)

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www2.helsinki.fi/en/inar-institute-for-atmospheric-and-earth-system-research/infrastructure/national-research-infrastructures
- **Vastuutaho (organisaatio):** Helsingin yliopisto
- **Muut tahot (organisaatiot):** Ilmatieteen laitos, Itä-Suomen yliopisto, Tampereen yliopisto, Luonnonvarakeskus (Luke), Suomen ympäristökeskus (SYKE), CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy, Oulun yliopisto, Turun yliopisto ja Jyväskylän yliopisto

INAR RI koordinoi Suomen kansallista panosta neljässä ESFRI-infrastruktuurissa (Euroopan tutkimusinfrastruktuurien strategiafoorumi). Näitä ovat: ICOS (Integrated Carbon Observation System), ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure), ELTER (Integrated European Long Term Ecosystem, Critical Zone & socio-ecological Research Infrastructure) ja AnaEE (Infrastructure for Analysis and Experimentation on Ecosystems).

INAR RI integroi kansalliset keskuskeskukset ja alustat ilmakehä- ja ekosysteemialan kansallisesti ja kansainvälisesti johtavaan tutkimusinfrastruktuuriin. Ilmakehä- ja ekosysteemitutkimuksen tutkimusinfrastruktuuri INAR RI:n keskeisenä vahvuutena on kattava ja monialainen tieteellinen ymmärrys. Infrastruktuurissa jatkuva pitkäaikainen havainnointi, laajat kenttä- ja laboratoriokokeet, etähavaintojen perusteella saadun datan käyttö ja edistysellinen mallinnus johtavat uraauurtaviin oivalluksiin erilaisista ilmakehän ja ekosysteemin prosesseista sekä innovatiivisiin menetelmiin ja työkalujen kehittämiseen yhteisissä keskuksissa ja yhteisalustoilla. Pitkän aikavälin integroidut havainnot ilmakehä- ja ekosysteemialalla auttavat yhteiskuntaa reagoimaan ja löytämään parhaita käytäntöjä ilmastomuutoksen hillitsemiseen ja siihen sopeutumiseen, maankäytön muutokseen, ympäristön pilaantumiseen ja huonoon ilmanlaatuun.

INAR RI -infrastruktuuriin kuuluu tällä hetkellä 30 keskusta (17 yhteistä keskustaa), 11 laboratoriota ja liikkuvaa yksikköä sekä kaksi datainfrastruktuuria. INAR RI:n kulmakiviä ovat erittäin välineellistetyt ydinasetat, kuten SMEAR-asetat (Stations for Measuring Earth Surface-At-

mosphere Relations) ja Pallas-Sodankylä GAW -huippututkimusasema (Global Atmosphere Watch), joissa tehdään neljän ESFRI-ympäristöinfrastruktuurin mittauksia. Kukin INAR RI -sisarinfrastruktuuri etenee eri vaiheissa Euroopan tasolla, minkä vuoksi jotkut INAR RI -komponentit on jo luotu, kun taas toisia vielä kehitetään. INAR RI:n kansalliset osat ovat kuitenkin toiminnassa ja toimittavat dataa.

Lähivuosina INAR RI -yhteisö pyrkii jatkamaan ympäristömittausten integrointia ja päivittämään olemassa olevia havaintokohteita ja tutkimusalueita mittausten edustavuuden ja laadun takaamiseksi sekä parantamiseksi. Lisäksi yhteisö pyrkii perustamaan uusia mittaustiloja ja kehittämään palveluja. INAR RI jatkaa myös aktiivista toimintaa Euroopan tasolla. Euroopan ulkopuolella INAR RI koordinoi ja tukee maailmanlaajuisen SMEAR-asetaverkoston rakentamista.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

INAR RI tarjoaa laajan valikoiman palveluja. Monipuolisiin käyttäjäryhmiin kuuluu paikallisia ja maailmanlaajuisia tiedeyhteisöjä, päättäjiä, viranomaisia, yksityinen sektori, opiskelijoita, kansalaisjärjestöjä ja kansalaisyhteiskunta.

INAR RI -palvelut sisältävät avoimen pääsyn kattavaan monialaiseen ilmakehän ja ekosysteemin pitkän aikavälin havainnointidataan, laadullisesti valvottuihin datatuotteisiin ja datamallirajapintoihin.

Lisäksi palvelut sisältävät:

- mittausasemien ja koealustojen fyysisen käytön ja etäkäytön
- henkilöstön koulutuksen
- toimipaikkojen toimintaa koskevan käytännön koulutuksen ja tuen
- välineiden toimintahäiriöiden vianmäärityksen
- huippuluokan välinekehityksen
- perusteellisen kalibroinnin
- uusien teknologioiden kehittämisen ja esikuva-analyysin.

Metsäekosysteemin tutkimusta
Scan4est-tutkimusinfrastruktuurin
laitteistolla. Kuva: Harri Kaartinen.

Metsien ekosysteemin tutkimusinfrastruktuuri Scan4est

(Measuring Spatiotemporal Changes in Forest Ecosystem)

Metsien ekosysteemin tutkimusinfrastruktuurin (Scan4est) pitkän aikavälin visio on, että spatiotemporaalisten muutosten mittauksista saatujen tietojen ja kokemusten avulla on mahdollista ymmärtää:

- metsän spatiotemporaalista rakennetta ja toimintaa,
- niihin vaikuttavia prosesseja ja tapahtumia sekä

- luomaan mobiiliteknologia, joka mahdollistaa yksittäisten puiden kasvun erittäin automatisoidun seurannan erilaisissa metsäympäristöissä ja seurattujen puiden, puuyhteisöjen ja metsämaisemien digitaalisen replikaation luomisen.

Edellä mainitun prosessin jälkeen kunkin puun perusominaisuudet, kuten terveys,

- **Tutkimusinfrastruktuurin kotisivut:** www.scanforest.fi
- **Vastuutaho (organisaatio) / Muut tahot (organisaatiot):** Paikkatietokeskus, Itä-Suomen yliopisto

rakenteellinen ja toiminnallinen kehitys, puun ominaisuudet sekä niiden vaihtelu, voidaan yhdistää toisiinsa. Näin tutkijat voivat vastata tärkeisiin tutkimuskysymyksiin, luoda uutta tieteellistä tietoa ja tukea moniulotteista yhteiskunnallista päätöksentekoa erilaisilla spatiaalisilla ja ajallisilla resoluutioilla.

Monimutkaisten metsäekosysteemien ymmärtämiseksi tarvitaan pitkän aikasarjan toistuvia mittauksia, koska metsän syklinen kasvuprosessi voi kestää vuosisatoja, mutta vaihdella päivittäisesti ja vuosittain. Scan4est-tutkimusinfrastruktuurin pääasiallisia tieteellisiä haasteita ovat tutkimattomat ja avoimet kysymykset, jotka liittyvät puun kasvun allokointiin ja puun kasvuprosesseihin. Nämä kysymykset ovat tärkeitä alan johtaville tutkijoille maailmanlaajuisesti.

Tutkimusinfrastruktuurin perustana ovat seuraavat elementit:

- laserkeilauksen muutoksenseurantainfrastruktuuri (mukaan lukien maasta ja ilmasta käsin tehtävän laserkeilauksen elementit),
- puun karakterisoinnin kokeellinen ja automatisoitu laserkeilausinfrastruktuuri,
- puun ominaisuuksien mittaamiseen käytettävä röntgenmikrodensitometri,
- tutkimuskohde ja puiden keskeiset ominaisuudet.

Scan4est-tutkimusinfrastruktuurissa tehdään yksityiskohtaisia mittauksia noin 10 000 puusta, jotka kasvavat vaihtelevissa ympäristöolosuhteissa Evon tutkimuskohteessa Etelä-Suomessa. Tutkimuskohteesta kerätään 30 vuoden aikasarjoja vuosimittauksineen. Mittauksissa yksittäisen puun kasvuprosessien ja metsädynamiikan tutkimiseen käytetään erilaisia laserkeilausantureita. Tieteellisten haas-

teiden lisäksi Scan4est-tutkimusinfrastruktuuri pyrkii ratkaisemaan metsien teknistä mittausta koskevan globaalien haasteiden ja kehittämään laserkeilauksen perustuvia metsien seurantaratkaisuja sekä pistepilvien käsittelytekniikoita. Näiden avulla voidaan kerätä yksityiskohtaisia aikasarjoja puista ja puuyhteisöistä murto-osalla kustannuksista, ja aikasarjat voidaan ottaa käyttöön erilaisissa metsäolosuhteissa tieteen, liiketoiminnan ja yhteiskunnan tukemiseksi.

Tutkimusinfrastruktuurissa testataan myös uusia paikannusteknologioita, uusia konsepteja ja pistepilvien prosessointialgoritmeja puiden rakenteellisten ja toiminnallisten ominaisuuksien selvittämiseksi. Scan4est edistää tiedettä ja metsien monikäyttöä. Se on myös ainoa metsäteollisuuden ja monien luonnonvarojen alalla toimivien pienten ja keskisuurten yritysten tutkimus- ja kehitystarpeita palveleva tutkimusinfrastruktuuri. Tutkimuslaitokset ovat käyttäneet ja rakentaneet joitakin Scan4est-tutkimusinfrastruktuurin elementtejä vuodesta 2007 lähtien. Scan4est on UNITE-lippulaivahankkeen ja 16 muun parhaillaan käynnissä olevan tieteellisen hankkeen tärkein tutkimusinfrastruktuuri. Scan4est on rakennusvaiheessa (2020–2026), mutta ensimmäisten tietoaaineistojen odotetaan olevan saatavilla vuoden 2021 aikana.

Tutkimusinfrastruktuurin tarjoamat palvelut

- Yksittäisten puiden havainnointi metsässä Evon alueella
- Moniaikaiset seuranta-alueet ja niiden pistepilvet
- Menetelmäkehittäjien kokeelliset tietoaaineistot
- Tutkimuskohteen ympäristöolosuhteet.

7. Linkit

- **Suomen Akatemiaa koskeva laki (20.11.2009/922)**
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090922?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=suomen%20akatemia>
- **Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien strategia 2020–2030**
https://www.aka.fi/globalassets/1-tutkimusrahoitus/4-ohjelmat-ja-muut-rahoitusmuodot/4-tutkimusinfrastruktuurit/aka_tik_strategia_2019_fi_digi_a.pdf
- **TIK-linjaus: Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien hallinnollisen omistajuuden tunnusmerkit**
<https://www.aka.fi/globalassets/1-tutkimusrahoitus/4-ohjelmat-ja-muut-rahoitusmuodot/4-tutkimusinfrastruktuurit/tik-linjaus-kansallisten-tutkimusinfrastruktuurien-hallinnollisen.pdf>
- **TIK-linjaus: Tutkimusinfrastruktuurien rahoituksen tunnusmerkit**
<https://www.aka.fi/globalassets/1-tutkimusrahoitus/4-ohjelmat-ja-muut-rahoitusmuodot/4-tutkimusinfrastruktuurit/tik-linjaus-tutkimusinfrastruktuurien-rahoituksen-tunnusmerkit.pdf>
- **Kansallinen tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden tiekartta**
<https://minedu.fi/tki-tiekartta>

8. Liitteet

Tutkimusinfrastruktuurikomitean kokoonpano 1.7.2019–30.6.2022

Puheenjohtaja

1. Varapuheenjohtaja
2. Varapuheenjohtaja

Ylijohtaja, tutkimus Riitta Maijala, Suomen Akatemia
Johtaja Erja Heikkinen, opetus- ja kulttuuriministeriö
Ylijohtaja, hallinto Ossi Malmberg, Suomen Akatemia

Jäsenet

Pääjohtaja Johanna Buchert, Luonnonvarakeskus
Associate Research Professor Anni Huhtala, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
Professori Juha Hämäläinen, Kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta,
Suomen Akatemia Rehtori Keijo Hämäläinen, Jyväskylän yliopisto
Rehtori Jukka Mönkkönen, Itä-Suomen yliopisto
Rehtori Ilkka Niemelä, Aalto-yliopisto
Senior Director Arto Pussinen, Business Finland
Rehtori Riitta Rissanen, Lapin ammattikorkeakoulu
Professori Mika Rämetsä, Biotieteiden, terveyden ja ympäristön tutkimuksen toimikunta, Suomen Akatemia
Vararehtori Hanna Snellman, Helsingin yliopisto
Toimitusjohtaja Antti Vasara, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
Professori Minnamari Vippola, Luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta, Suomen Akatemia
Rehtori Mari Walls, Tampereen yliopisto

Pysyvä asiantuntija

Opetusneuvos Petteri Kauppinen, opetus- ja kulttuuriministeriö

Sihteeristö

Johtava tiedeasiantuntija Merja Särkioja, Suomen Akatemia
Tiedeasiantuntija Paula Leskinen, Suomen Akatemia
Tiedeasiantuntija Marjut Kaukolehto, Suomen Akatemia (alk. 1.2.2022)
Suunnittelija Tiina Ilo, Suomen Akatemia

Lyhenteet

AALTO	Aalto-yliopisto
ACTRIS	Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure
ALD keskus	Research infrastructure for atomic layer deposition and etching
AnaEE ERIC	Infrastructure for Analysis and Experimentation on Ecosystems
BBMRI	Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure
BIOECONOMY RI	Biotalouden tutkimusinfrastruktuuri
BF	Biocenter Finland
CERN	European Organization for Nuclear Research
CESSDA	Consortium of European Social Science Data Archives
CLARIAH	Yhteiskuntatieteiden ja humanististen tieteiden tutkimusinfrastruktuurikonsortio, jossa yhdistyvät FIN-CLARIN ja DARIAH-FI
CLARIN	Common Language Resources and Technology Infrastructure
CSC	Tieteen tietotekniikan keskus Oy
E2S	Earth-space research ecosystem
EATRIS	European Advanced Translational Research Infrastructure
EFDA-JET	European Fusion Development Agreement, Joint European Torus
EISCAT	European Incoherent Scatter Association
ELIXIR	European Life-Science Infrastructure for Biological Information
EMBC	European Molecular Biology Conference
EMBL	European Molecular Biology Laboratory
EPOS	European Plate Observing System
ESA	European Space Agency
ESFRI	European Strategic Forum on Research Infrastructures
ESO	European Southern Observatory
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
ESS	European Social Survey
EU-OPENSREEN	European Infrastructure of Screening Platforms for Chemical Biology EU-OS Finland
ERIC	European Research Infrastructure Consortium
EURO-ARGO	European contribution to the ARGO Program
Euro-BiImaging	European Research Infrastructure for Imaging Technologies in Biological and Biomedical Sciences
EuroHPC	European High Performance Computing Research Infrastructure
FAIR	Facility for Antiproton and Ion Research

FCCI	Finnish Computing Competence Infrastructure
FINBB	Finnish Biobank Cooperative, Suomen Biopankkien osuuskunta
FinBIF	Finnish Biodiversity Information Facility
FINMARI	Finnish Marine Research Infrastructure
FinnLight	Finnish National Infrastructure for Light-Based Technologies
FinStruct	Integrated Structural Biology Infrastructure Instruct-ERIC Centre Finland
FIRI	Finnish Research Infrastructure
FIRI-PBS	Finnish Research Infrastructure on Population Based Surveys
FIRIPO	The Finnish Research Infrastructure for Public Opinion
FiQCI	Finnish Quantum Computing Infrastructure
FUWIRI	Research Infrastructure for Future Wireless Communication Networks
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GL	Geodeettinen laitos
GTK	Geologian tutkimuskeskus
HUS	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri
HY	Helsingin yliopisto
HYKS	Helsingin seudun yliopistollinen keskussairaala
ICDP	International Continental, Scientific Drilling Program
ICOS	Integrated carbon Observation System
IL	Ilmatieteenlaitos
INAR RI	Integrated Atmospheric and Earth System Research Infrastructure
INFRAFRONTIER	The European Research Infrastructure for the generation, phenotyping, archiving and distribution of model mammalian genomes
INSTRUCT	Integrated Structural Biology Infrastructure
IML	Institute Mittag-Leffler
IODP	Intergrated Ocean Drilling Program
ISY	Itä-Suomen yliopisto
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
JHR MTR	Jules Horowitz Materials Testing Reactor
JY	Jyväskylän yliopisto
JYFL-ACCLAB	Finnish Accelerator Centre and Technology Hub
KA	Kansallisarkisto

KOTUS	Kotimaisten kielten keskus
KSSHHP	Keski-Suomen sairaanhoitopiiri
KYS	Kuopion yliopistollinen sairaala
LUKE	Luonnonvarakeskus
LUMI	Supertietokone LUMI
LUT	Lappeenranta-Lahti University of Technology
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
MAX IV	Synchrotron Radiation Facility
MML	Maanmittauslaitos
NeIC	Nordic e-Infrastructure Collaboration
OKM	Opetus- ja kulttuuriministeriö
OtaNano	Otaniemi Micro- and Nanotechnology Research Infrastructure
OY	Oulun yliopisto
OYS	Oulun yliopistollinen sairaala
PII	Printed Intelligence Infrastructure
PPSHP	Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri
PRACE	Partnership for Advanced Computing in Europe
RAMI	Circular Raw Materials Research Infrastructure
RRF	Recovery and Resilience Fund
RRP	Recovery and Resilience Plan
Scan4est	Measuring Spatiotemporal Changes in Forest Ecosystem
SPR	Suomen Punainen Risti
STM	Sosiaali- ja terveysministeriö
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TAU	Tampereen uusi yliopisto
TAY	Tampereen yliopisto
TAYS	Tampereen yliopistollinen sairaala
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
THL	Terveysten ja hyvinvoinnin laitos
TIK	Tutkimusinfrastruktuurikomitea
TKI	Tutkimus- kehittämis- ja innovaatiotoiminta

TIN	Tutkimus- ja innovaationeuvosto
TK	Tilastokeskus
TTL	Työterveyslaitos
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
TY	Turun yliopisto
TYKS	Turun yliopistollinen keskussairaala
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
VY	Vaasan yliopisto
ÅÅ	Åbo Akademi

Suomen Akatemia
Hakaniemenranta 6
PL 131
00531 Helsinki

ISBN 978-951-715-919-7

www.aka.fi
tietysti.fi
etsixperti.fi



SUOMEN AKATEMIA