

# Suomen eScience-ohjelma

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2007:7

# Suomen eScience-ohjelma

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2007:7



OPETUSMINISTERIÖ

*Undervisningsministeriet*

MINISTRY OF EDUCATION

*Ministère de l'Éducation*

Opetusministeriö / Undervisningsministeriet

Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto / Utbildnings- och forskningspolitiska avdelningen

PL / PB 29

00023 Valtioneuvosto / Statsrådet

<http://www.minedu.fi/julkaisut>

Yliopistopaino / Universitetstryckeriet, 2007

ISBN 978-952-485-300-2 (nid./htf)

ISBN 978-952-485-301-9 (PDF)

ISSN 1458-8102

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä/

Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar 2007:7

## Kuvailulehti

Julkaisija  
Opetusministeriö

Julkaisun päivämäärä  
29.1.2007

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)  Grid-strategiatyöryhmä <b>Puheenjohtaja:</b> Risto Nieminen <b>Sihteeri:</b> Klaus Lindberg	Julkaisun laji Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä		
	Toimeksiantaja Opetusministeriö		
	Toimielimen asettamispv 7.3.2005	Dnro 19/040/2005	
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen) Suomen eScience-ohjelma (Finlands eScience-program)			
Julkaisun osat Muistio			
<b>Tiivistelmä</b>  Työryhmän keskeisenä tehtävänä oli laatia Suomen grid-strategia. Se sai tehtäväkseen selvittää tämän verkkoteknologian nykytilan ja kehityssuunnat sekä tehdä ehdotus Suomessa tarvittavista toimenpiteistä ja työnjaosta. Työn aikana on käynyt ilmeiseksi, että on syytä tarkastella tietotekniikan hyödyntämistä tutkimuksessa ja innovaatiojärjestelmässä laajemmin kuin pelkän grid-tekniikan näkökulmasta. Työryhmä ehdottaa strategisena toimenpiteenä Suomen eScience-ohjelman perustamista. Muistio sisältää toimenpide-ehdotuksia, jotka edistävät tuntuvasti laskennallisen tieteen ja tekniikan osaamista Suomessa sekä tietotekniikan hyödyntämistä tutkimuksessa ja innovaatiojärjestelmässä. Työryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä:  <ul style="list-style-type: none"><li>- Lisätään laskennallisen tieteen maisteri- ja tutkijakoulutusta yliopistoissa.</li><li>- Käynnistetään laskennallisen tieteen ja tekniikan laaja-alainen tutkimusohjelma.</li><li>- Varmistetaan tutkimuksen Funet-tietoliikenneverkon kilpailukykyinen taso myös tulevaisuudessa.</li><li>- Perustetaan laskennan ja datan tallennuksen monitieteellisiä tai tieteenalakohtaisia grid-infrastruktuureja myös sektori-tutkimuslaitosten rajat ylittäen.</li><li>- Perustetaan kansallisia ja kansainvälisiä grid-infrastruktuureja koordinoiva ”National Grid Initiative” -toiminto.</li><li>- Varmistetaan Suomen tutkijoiden mahdollisuus hyödyntää tehokkaasti EU:n seitsemännessä puiteohjelmassa syntyviä suurteholaskennan ja datanhallinnan infrastruktuureja.</li><li>- Rakennetaan kansallinen kokonaisvaltainen ja kustannustehokas suurten data-aineistojen hallintaympäristö ja asiantuntijakeskittymä.</li><li>- Kehitetään rahoitusjärjestelyjä, joiden avulla voidaan parantaa laskennallisen tieteen sovellusohjelmistojen laatua.</li><li>- Kehitetään rahoitusjärjestelyjä, joilla tutkijat voivat ostaa tai kehittää verkostomaista yhteistyötä tukevia palveluita.</li><li>- Asetetaan edellä mainitut toimenpiteet kokoavalle eScience-ohjelmalle ohjausryhmä.</li></ul>			
<b>Avainsanat</b> Laskennallinen tiede, grid-tekniikka			
<b>Muut tiedot</b>			
Sarjan nimi ja numero Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2007:7	ISSN 1458-8102	ISBN 978-952-485-300-2 (nid.) 978-952-485-301-9 (PDF)	
Kokonaissivumäärä 32	Kieli suomi	Hinta	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Yliopistopaino	Kustantaja Opetusministeriö		

## Presentationsblad

**Utgivare**  
Undervisningsministeriet

**Utgivningsdatum**  
29.1.2007

<b>Författare</b> (uppgifter om organets namn, ordförande, sekreterare)  Arbetsgruppen för gridstrategin <b>Ordförande:</b> Risto Nieminen <b>Sekreterare:</b> Klaus Lindberg	<b>Typ av publication</b> Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar		
	<b>Uppdragsgivare</b> Undervisningsministeriet		
	<b>Datum för tillsättande av</b> 7.3.2005		
	<b>Dnro</b> 19/040/2005		
<b>Publikation</b> (även den finska titeln) Finlands eScience-program (Suomen eScience-ohjelma)			
<b>Publikationens delar</b> Promemoria			
<b>Sammandrag</b> <p>Arbetsgruppen hade som sin centrala uppgift att bearbeta en gridstrategi för Finland. Målet var att utreda nuläget och utvecklingsriktningarna för denna nätteknologi samt ge ett förslag till åtgärder och arbetsfördelning. Under arbetets gång har det blivit uppenbart att det finns anledning att i ett bredare perspektiv än bara gridteknologins undersöka hur informationsteknik utnyttjas inom forskningen och innovationssystemet. Arbetsgruppen föreslår som en strategisk åtgärd att ett eScience-program grundas för Finland. Promemorian innehåller åtgärdsförslag som främjar kunskaperna i beräkningsvetenskapen och tekniken i Finland samt utnyttjandet av informationsteknik i forskningen och innovationssystemet. Arbetsgruppen föreslår följande åtgärder:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Öka magister- och forskarutbildningen inom beräkningsvetenskap vid universiteten.</li><li>- Starta ett omfattande forskningsprogram för beräkningsvetenskap och teknik.</li><li>- Säkerställa att Funet-datakommunikationsnätet för forskningen är konkurrenskraftigt också i framtiden.</li><li>- Grunda mångvetenskapliga eller vetenskapsspecifika gridinfrastrukturer för beräkning och datalagring också över sektorforskningsinstitutens gränser.</li><li>- Grunda en "National Grid Initiative"-funktion som koordinerar nationella och internationella gridinfrastrukturer.</li><li>- Säkerställa att finländska forskare kan effektivt utnyttja infrastrukturerna inom högprestandaberäkningen och dataadministrationen enligt EU:s sjunde ramprogram.</li><li>- Grunda en nationell övergripande och kostnadseffektiv omgivning för administration av stora datamaterial och ett kompetenscentrum för specialister.</li><li>- Utveckla finansieringssystem som förbättrar kvaliteten på tillämpningsprogram inom beräkningsvetenskap.</li><li>- Utveckla finansieringssystem för forskare att köpa eller utveckla tjänster som stöder nätverkssamarbete.</li><li>- Utse en styrgrupp för det eScience-program som sammanställer nämnda åtgärder.</li></ul>			
<b>Nyckelord</b> Beräkningsvetenskap, gridteknologi			
<b>Övriga uppgifter</b>			
<b>Seriens namn och nummer</b> Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar 2007:7	<b>ISSN</b> 1458-8102	<b>ISBN 978-952-485-300-2</b> (htf.) 978-952-485-301-9 (PDF)	
<b>Sidoantal</b> 32	<b>Språk</b> finska	<b>Pris</b>	<b>Sekretessgrad</b> offentlig
<b>Distribution</b> Universitetstryckeriet		<b>Förlag</b> Undervisningsministeriet	

## Description

<b>Publisher</b> Ministry of Education		<b>Date of publication</b> 29.1.2007	
<b>Authors</b> (If a committee: name of organ, chair, secretary)  Committee on grid strategy <b>Chair:</b> Risto Nieminen <b>Secretary:</b> Klaus Lindberg		<b>Type of publication</b> Reports of the Ministry of Education, Finland	
		<b>Contracted by</b> Ministry of Education	
		<b>Committee appointed on</b> 7.3.2005	<b>Dnro</b> 19/040/2005
<b>Name of publication</b> Finlands eScience Programme			
<b>Parts</b> Memorandum			
<b>Abstract</b>  The working group's main assignment was to create a grid strategy for Finland. The assignment involves investigating the current status and future prospects of this network technology and preparing a proposal for the necessary actions and distribution of work. As work progressed, it became evident that exploring information technology use in the research and innovation system should be broadened beyond the point of view of grid technology. As a strategic action, the working group suggests that an eScience programme be launched in Finland. This memorandum contains proposals for actions that will constitute significant progress in skills of computational science and technology in Finland as well as utilization of IT in the research and innovation system. The working group proposes the following actions:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Increase the number of Master's and doctoral programmes in computational science in Finnish universities.</li> <li>- Initiate a broad multi-disciplinary research programme in computational science and engineering.</li> <li>- Ensure that the Funet network remains competitive also in the future.</li> <li>- Establish multi-disciplinary or discipline-specific grid infrastructures for computation and data storage, moving also beyond sectoral boundaries.</li> <li>- Initiate a "National Grid Initiative" to coordinate national and international grid infrastructures.</li> <li>- Ensure that Finnish scientists are able to utilize efficiently the high-performance computing and data management infrastructures emerging in connection with the EU Seventh Framework Programme.</li> <li>- Build a national, comprehensive and cost-effective environment and specialist cluster for massive data materials management.</li> <li>- Develop funding systems that will improve the quality of software for computational science.</li> <li>- Develop funding systems that will enable researchers to buy or develop services in support of networking collaboration.</li> <li>- Assign a steering group for the eScience programme that will coordinate the above mentioned actions.</li> </ul>			
<b>Other information</b>			
<b>Name and number of series</b> Reports of the Ministry of Education, Finland 2007:7		<b>ISSN</b> 1458-8102	<b>ISBN</b> 978-952-485-300-2 (pbk.) 978-952-485-301-9 (PDF)
<b>Number of pages</b> 32	<b>Language</b> Finnish	<b>Price</b>	<b>Degree of confidentiality</b> public
<b>Distributed by</b> Helsinki University Press		<b>Published by</b> Ministry of Education	

# Opetusministeriölle

Tietotekniikan merkitys tutkimukselle ja tuotekehitykselle kasvaa entisestään tulevaisuudessa. Panostukset laskennallisen tieteen ja tekniikan koulutuksen kehittämiseen ja uudelleenjärjestelyihin, monitieteellisiin ja moniteknologisiin tutkimusohjelmiin sekä infrastruktuuri-investointeihin on koottu useissa maissa erilaisiksi ”eScience”-ohjelmiksi. Niissä sovelletaan laajasti tutkimusta palvelevaa tietotekniikkaa sekä otetaan uusia verkostomaisia toimintatapoja tutkimuksen ja tuotekehityksen käyttöön.

Opetusministeriö asetti 7.3.2005 työryhmän laatimaan Suomen grid-strategiaa. Työryhmä sai tehtäväkseen selvittää tämän verkkoteknologian nykytilan ja kehityssuunnat sekä tehdä ehdotus Suomessa tarvittavista toimenpiteistä ja työnjaosta. Työryhmän työn aikana kävi ilmeiseksi, että on syytä tarkastella tietotekniikan hyödyntämistä tutkimuksessa ja innovaatiojärjestelmässä laajemmin kuin pelkän grid-tekniikan näkökulmasta. Työryhmä ehdottaa strategisena toimenpiteenä Suomen eScience-ohjelman käynnistämistä. Esitetty kansallinen ohjelma nivoutuu luontevasti myös yleiseen infrastruktuuristrategiaan, jota tiede- ja teknologianeuvoston ehdotuksesta asetettu infrastruktuurityöryhmä valmistelee.

Työryhmä on pitänyt 11 kokousta sekä järjestänyt kuulemistilaisuuksia.

Tämä muistio on työryhmän raportti, joka sisältää selvityksen nykytilasta ja toimenpide-ehdotukset ohjelman toteuttamiseksi.

Espoossa 21.12.2006



Risto Nieminen



Liisa Holm



Riitta Keiski




Kimmo Koski



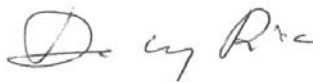
Marja Kylämä



Pentti Pulkkinen



Raija-Leena Punamäki



Dan-Olof Riska



Matti Sihto



Markku Suvanen



Klaus Lindberg



# Yhteenveto

Tämä on opetusministeriön asettaman Suomen grid-strategiatyöryhmän (07.03.2005, 19/040/2005) muistio. Muistiossa ehdotetaan suomalaisen eScience-ohjelman perustamista. Muistio sisältää toimenpide-ehdotuksia, jotka edistävät tuntuvasti laskennallisen tieteen ja tekniikan osaamista Suomessa sekä tietotekniikan hyödyntämistä tutkimuksessa ja innovaatiojärjestelmässä.

Työryhmä esittää seuraavia toimenpiteitä:

- Lisätään laskennallisen tieteen maisteri- ja tutkijakoulutusta yliopistoissa.
- Käynnistetään laskennallisen tieteen ja tekniikan laaja-alainen tutkimusohjelma.
- Varmistetaan tutkimuksen Funet-tietoliikenneverkon kilpailukykyinen taso myös tulevaisuudessa.
- Perustetaan laskennan ja datan tallennuksen monitieteellisiä tai tieteenalakohtaisia grid-infrastruktuureja, myös sektoritutkimuslaitosten rajat ylittäen.
- Perustetaan kansallisia ja kansainvälisiä grid-infrastruktuureja koordinoiva "National Grid Initiative" -toiminto.
- Varmistetaan Suomen tutkijoiden mahdollisuus hyödyntää tehokkaasti EU:n seitsemännessä puiteohjelmassa syntyviä suurteholaskennan ja datanhallinnan infrastruktuureja.
- Rakennetaan kansallinen kokonaisvaltainen ja kustannustehokas suurten data-aineistojen hallintaympäristö ja asiantuntijakeskittymä.
- Kehitetään rahoitusjärjestelyjä, joiden avulla voidaan parantaa laskennallisen tieteen sovellusohjelmistojen laatua.
- Kehitetään rahoitusjärjestelyjä, joilla tutkijat voivat ostaa tai kehittää verkostomaista yhteistyötä tukevia palveluita.
- Asetetaan edellä mainitut toimenpiteet kokoavalle eScience-ohjelmalle ohjausryhmä.

## Sisältö

	<u>Yhteenveto</u>	8
1	<u>Johdanto</u>	10
2	<u>Nykytila</u>	11
	2.1 Laskennallinen tiede ja tekniikka	11
	2.2 Verkostoituva yhteistyö	13
	2.3 eScience-ohjelmat	15
	2.4 Suomen Grid-strategiatyöryhmän väliraportti ja suositusten toteutuminen	15
3	<u>Suomen eScience-ohjelma</u>	17
	3.1 Laskennallisen tieteen koulutus	18
	3.2 Poikkitieteellisen tutkimuksen vahvistaminen ja metodologisten valmiuksien parantaminen	19
	3.3 Kansallisten ja globaalien infrastruktuurien rakentaminen	19
	3.4 Ohjelmistojen laadun ja monikäyttöisyyden kehittäminen	21
	3.5 Verkostoitumisen edistäminen	21
	3.6 Laskennallinen tiede ja tekniikka innovaatiojärjestelmän osana	22
4	<u>Kansallisen eScience-ohjelman kehityskohteet ja toimenpide-ehdotukset</u>	23
	4.1 eScience-ohjelman ohjaus	23
	4.2 Koulutus	23
	4.3 Tutkimus	24
	4.4 Infrastruktuurit	24
	4.5 Ohjelmistot	25
	4.6 Yhteistyön välineiden kehittäminen	26
5	<u>Käsitteistöä</u>	27
	<u>Viitteet</u>	32

# 1 Johdanto

Informaatioteknologia ja sen monipuolinen soveltaminen ovat Suomen vahvuuksia kansainvälisessä kilpailussa. Niitä tulee edelleen vahvistaa koulutuksessa ja tutkimuksessa sekä varmistaa alan infrastruktuurien korkea taso.

Tässä muistiossa korostetaan erityisesti tutkimusta palvelevaa tietotekniikkaa ja laskennallisten menetelmien, tekniikoiden ja ohjelmistojen tärkeyttä tulevaisuuden menestystekijöinä. Tämä tarkoittaa muun muassa panostusta laskennallisen tieteen koulutuksen kehittämiseen ja uudelleenjärjestelyihin, monitieteellisiin ja moniteknologisiin tutkimusohjelmiin sekä infrastruktuuri-investointeihin.

Kansallinen ja globaali verkostoituminen asettaa koulutukselle, tutkimukselle ja tuotekehitykselle haasteita, jotka edellyttävät laajaa yhteistyötä sekä uusia rahoitus- ja organisatiomuotoja. Tiedon ja osaamisen sujuvaa siirtymistä korkeakouluista ja tutkimuslaitoksista teollisuuden tuotekehitykseen sekä tuotteiden ja palveluiden syntymistä tutkimuksen innovaatioista tulee edistää julkisen vallan panostuksin.

Useassa Euroopan maassa on vuosituhannen vaihteen jälkeen käynnistetty eScience-ohjelmia. Niissä sovelletaan laajasti tutkimusta palvelevaa tietotekniikkaa sekä otetaan uusia verkostomaisia toimintatapoja tutkimuksen ja tuotekehityksen käyttöön. eScience-ohjelmat edellyttävät monitasoisia ja hajautettuja tietotekniikkaa hyödyntäviä toimintamalleja sekä kehittyviä infrastruktuureja. Osaaminen ja tieto välittyvät perus- ja soveltavan tutkimuksen sekä palvelu- ja tuotekehityshankkeiden välillä tehokkaasti, mikä edistää innovaatioiden syntymistä ja monipuolista soveltamista.

# 2 Nykytila

## 2.1 Laskennallinen tiede ja tekniikka

Tietotekniikan nopean kehityksen myötä useimpien perinteisten tieteenalojen rinnalle on kehittynyt hyvin vahva laskennallisia menetelmiä ja tietojenkäsittelytekniikoita hyödyntävä lähestymistapa, joka perustuu monimutkaisten ilmiöiden tutkimukseen sekä laajojen tietoa-aineistojen analyysiin erilaisten numeeristen ja laskennallisten mallien avulla. Monitieteellisten kompleksisten systeemien tutkimukseen kehitetään jatkuvasti uusia laskennallisia ja tietojenkäsittelytieteen menetelmiä. Matematiikan, tilastotieteen, tietojenkäsittelytieteen ja muiden menetelmien innovatiivinen hyödyntäminen laskennallisia menetelmiä käyttävässä tutkimuksessa on noussut tärkeään asemaan. Voidaan myös puhua laajemmin tutkimusta palvelevasta tietojenkäsittelytieteestä, johon kuuluvat muiden muassa tiedon louhinta, numeeriset ratkaisualgoritmit, sovellusten optimointi, visualisointi ja animaatiot.

Suomessa on vahva laskennallisen tieteen tutkimuksen ja soveltamisen perinne. Uusille informaatioteknologian käyttösovelluksille on siten ollut erinomainen valmius tieteellisessä tutkimuksessa. Laskennallisen tieteen menetelmiä ja ohjelmistoja sekä uutta teknologiaa (esim. gridit, ks. alla) on hyödynnetty kuitenkin vain osalla tutkimuksen alueista (esim. fysikaaliset tieteet ja insinööritieteet). Usealla tieteenalalla laskennallisten menetelmien käyttö ja koulutus ovat vasta alkamassa. Laskennallisen lähestymistavan resursointi ei ole vielä riittävää eikä laskennallisen tieteen tutkimusta ja tekniikkaa ole tunnistettu kaikilla sovellusaloilla tärkeäksi tulevaisuuden tieteen menetelmäksi. Laskennallisten menetelmien osaajista on odotettavissa kasvavaa kysyntää sekä tutkimuksen että elinkeinoelämän parissa.

Tekes on käynnistänyt MASI-tutkimusohjelman, jossa yhdistetään saman ohjelman alle sekä perustutkimuksen että teollisen tuotekehityksen hankkeita. Siten se tukee niin laskennallisen tieteen hyväksikäyttöä perustutkimuksessa kuin simulointiosaamisen siirtymistä teollisuuteen. Myös Suomen Akatemia on osallistunut ohjelmaan kohdennetulla tutkimusrahoituksella. Vastaavan tyyppisillä uusilla ohjelmilla tulee aktivoida tieteenaloja, joissa laskennallinen tiede ja korkeatasoinen ohjelmistokehitys eivät ole vielä yleistyneet, esimerkiksi bio-, geo-, lääke-, talous-, yhteiskunta-, ympäristö- sekä sosiaali- ja käyttäytymistieteitä.

Tutkimuksen tarvitsemien ohjelmistojen sekä tietokantojen tuottamisen prosessit ovat monella tieteenalalla tehottomia eikä tieteellisten ohjelmistojen laadintaan käytetä useinkaan parasta tietojenkäsittelymenetelmien ja algoritmien osaamista. Osasyynä on tutkimusryhmien ohut tai joillain tieteenaloilla olematon laskennallisen tieteen menetelmäosaaminen. Teollisuuden mahdollisuudet kehittää edelleen korkeakouluissa laadittuja ohjelmistoja tuotekehityksensä tueksi ovat rajoitetut.

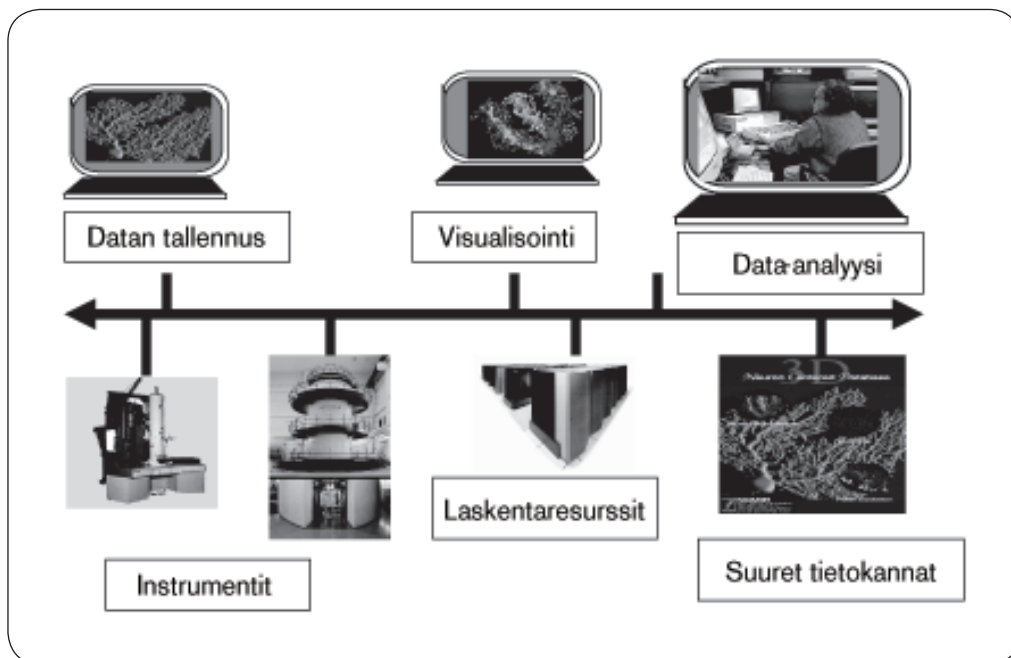
Laskennallisen tieteen menetelmät tarvitsevat korkeatasoisen ohjelmisto- ja tietokantaosaamisen lisäksi tehokkaita tietokoneita, laajakaistaisia verkkoja sekä monipuolisia oheislaitteita. Internet on tehnyt mahdolliseksi hajautetut laskenta- ja tietokantainfrastruktuurit, *gridit*, joita tutkijat voivat käyttää lähes globaalisti.

### Grid-teknologiat

Tässä muistiossa *grid* käsitetään laajassa merkityksessä osana tutkimuksen infrastruktuuria. Sillä tarkoitetaan tutkimuksen kannalta oleellisia fyysisiä tietoverkkoon hajautettuja tietokone-, havainto- ja mittauslaitteita, tietovarastoja ja -aineistoja sekä näihin liittyviä erilaisia palveluja (analyysi, visualisointi jne.). Esimerkkejä grid-komponenteista (kuva 1) ovat tutkimuksen tietokoneet, mittausasemat, visualisointilaitteet, datavarastot, elektroniset kirjastot ja arkistot, tietokannat, näiden edellyttämät tietoverkot sekä teknisiä ja tukipalveluja tuottavat tutkijayhteisöt.

Tyypillinen piirre grid-järjestelmälle on tarve tallentaa ja käsitellä erittäin suuria tietomääriä siten, että ne ovat maantieteellisesti hajautetun tutkijaverkoston käytettävissä. Grid-järjestelmät voivat olla geneerisiä (sama infrastruktuuri palvelee usean tieteenalan tutkijoita) tai tieteenalakohtaisia (infrastruktuuri, tukiohjelmistot ja muut palvelut suunnattu yhden tieteenalan tutkijoille).

Grid on käsitteenä laajentunut kattamaan myös hajautettuja yhteydenpidon menetelmiä kuten *AccessGrid* (kehittynyt videoneuvottelujärjestelmä), tutkimuksen henkilöverkostoja ja yleensä hajautettuja tietoteknisiä järjestelmiä. Tässä muistiossa keskitytään tieteellisessä tutkimuksessa käytettäviin grideihin.



Kuva 1. Grid-teknologian luomat mahdollisuudet.

Grid-teknologiaa ovat Suomessa kehittäneet ja soveltaneet mm. Tieteen tietotekniikan keskus CSC, Fysiikan tutkimuslaitos (HIP), materiaalitutkimuksen M-grid-konsortioon liittyneet seitsemän yliopiston tutkimusryhmät ja HIIT (The Helsinki Institute for Information Technology). Kansainvälisten laskennan ja datantallennuksen infrastruktuurien hyödyn-

täminen sekä osallistuminen keskeisiin eurooppalaisiin grid-projekteihin ovat toteutuneet pääosin CSC:n, HIP:n ja VTT:n resursseilla. Suomalainen panos on siten ollut suhteellisen pieni ja myös toiminnasta saavutetut hyödyt ovat vielä kohdistuneet suppealle tiedeyhteisön osalle. Gridien kaupalliset liiketoimintamallit ovat vasta muotoutumassa (esimerkkeinä EU:n seitsemännen puiteohjelman NESSI-teknologia-aloite ja Tekesin NetGate-hanke).

## 2.2 Verkostoituva yhteistyö

Entistä tiiviimmin verkostoituva tutkimus ja elinkeinoelämä sekä maantieteelliset rajat ylittävät virtuaaliorganisaatiot lisäävät mahdollisuuksia tuottaa poikkitieteellisiä innovaatioita. Uudet tietotekniset yhteistyön menetelmät edistävät verkostoituvaa tutkimusta ja nopeuttavat siten tieteen ja tuotekehityksen sykliä. Yhteistyön laajuus on kasvanut ja suurten tutkimuskonsortioiden pystyttäminen on yleistynyt. Yhteisesti rakennettavien ja rahoitettavien tieteen infrastruktuurien tarve ja merkitys tutkimuksen ja tuotekehityksen tukena kasvaa. Kilpailukykyiset infrastruktuurit ja niiden sujuva hallinnon rajat ylittävä käyttö luovat osaltaan perustan verkottuneelle yhteistyökykyiselle tutkimusyhteisölle (kuva 2). Globaaleille verkostomaisille toimijoille, erilaisille virtuaaliorganisaatioille, etsitään paikkaa kansallisissa rahoitusjärjestelmissä.

Julkisen vallan tavoitteena on entistä suurempien ja tehokkaampien korkeakouluyksiköiden perustaminen ja maantieteellisesti hajallaan olevien toimintojen yhdistäminen. Luovan ja uutta tietoa tuottavan tutkimuksen perustana on yhtäältä profiloituminen ja toisaalta synergioiden löytäminen ja kehittäminen. Näiden rakenteellisten uudistusten toteuttaminen ei ole mahdollista ilman saumatonta verkostoitumista, mikä puolestaan vaatii tehokasta virtuaaliorganisaatiota. Uudessa tilanteessa kansallisten panostusten oletetaan olevan joustavia ja ottavan huomioon uudet toimintatavat.

Suomalaiset toimijat ovat osallistuneet aktiivisesti eurooppalaisten tieteen infrastruktuurien suunnitteluun. Kansallisena strategiana Suomi pyrkii tukemaan sellaisia EU:n hankkeita, joissa informaatioteknologialla on merkittävä rooli.

Suomella on ollut vahva asema mm. ESFRI:n (European Strategy Forum on Research Infrastructures) toiminnassa sen linjatessa eurooppalaisten tieteen infrastruktuurien rahoittamista ja rakentamista seuraaville 10–20 vuodelle. ESFRI on laatinut tiekarttoja muun muassa fyysikaalisten tieteiden, bio- ja lääketieteen, yhteiskunta- ja sosiaalitieteen sekä CDT:n (Computing and Data Treatment) infrastruktuurien tulevaisuudesta. Tiekartoissa linjataan tutkimuksen tietoteknisiä tukiresursseja ja välineitä, tietokantoja, verkostoja ja palveluita. Suomen linjauksia tukevia hankkeita ovat erityisesti ESFRI:n esittämät suurteholaskennan, lääketieteen biopankkien ja kieliteknologian (CLARIN) hankkeet.

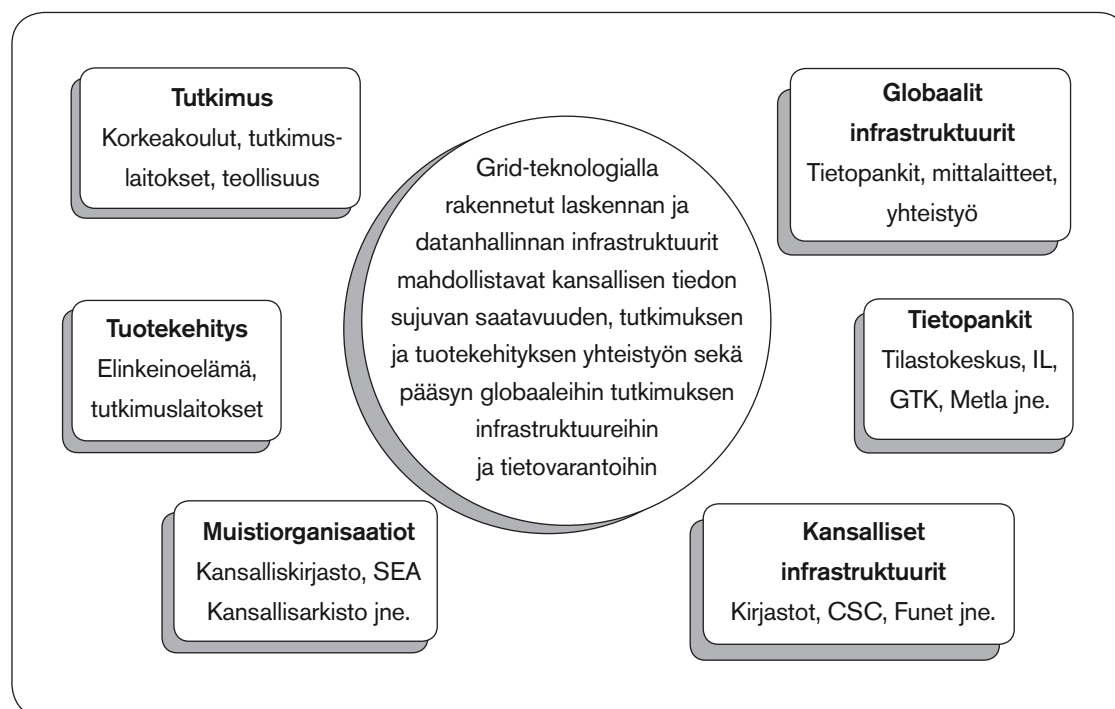
Suomen edustajat ovat olleet aktiivisesti mukana myös EU:n komission asettaman eIRG-asiiantuntijaryhmän (eInfrastructure Reflection Group) työssä valmistelemassa kannanottoja hajautettujen laskenta-, tallennus- ja verkkoresurssien käytöstä. HET-ryhmä (High Performance Computing in Europe Taskforce), jossa Suomi on edustettuna, on suunnitellut Euroopan suurteholaskennan infrastruktuurin suuntaviivoja. HETin ehdottama European High Performance Computing Service -hanke on valittu myös ESFRIn tiekartalle. Tämän lisäksi on suunnitteilla European Grid Initiative (EGI) -hanke, joka valmistelee eurooppalaista grid-tekniikkaan pohjautuvaa laajaa yleistä laskenta- ja tallennusinfrastruktuuria. CSC toimii sen kansallisena edustajana.

Osallistuminen tuleviin eurooppalaisiin infrastruktuurihankkeisiin vaatii kansallisia päätöksiä ja rahoitusta. Opetusministeriö ja Suomen Akatemia ovat vastanneet Suomen

linjauksista infrastruktuurikysymyksissä. Tiede- ja teknologianeuvoston aloitteesta OPM on asettanut työryhmän valmistelemaan Suomen tutkimusinfrastruktuuripolitiikkaa. Se valmistelee ehdotuksen rahoitusjärjestelmästä ja rahoittajien työnjaosta, kartoittaa alustavasti merkittävät kansalliset tutkimusrakenteet sekä tekee ehdotuksia niiden uusimisesta ja kehittamisestä. Tämä on merkittävä hallinnon sektorirajat ylittävä yhteistyöaskel, jonka tulisi tehdä mahdolliseksi priorisoida nykyistä paremmin sekä kansalliseen että kansainväliseen toimintaan suunnattuja resursseja.

DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications) ja EGEE II (Enabling Grids for Escience) ovat esimerkkejä suurista EU:n grid-projekteista, joiden tavoitteena on rakentaa koko Euroopan kattava laskenta- ja tallennusinfrastruktuuri. DEISA yhdistää 11 suurinta eurooppalaista superkonetta yhtenäiseksi laskenta- ja tallennusverkostoksi. EGEE II rakentaa infrastruktuuria, jossa yli 100 tutkimuslaitosta liittyy laskenta- ja tallennusklustereita yhdessä standardoidulla tekniikalla gridiksi. Projektien suuren koon johdosta on ollut mielekästä määritellä Suomesta vain yksi taho, CSC, koordinoimaan kansallista osallistumista.

CERNin rakentama LHC-törmäytin on esimerkki megaluokan mittalaitteesta, jonka vastuutoimija Suomessa on HIP. Se on suurenergiafysiikan osaaja, joka verkostoituu muiden kansallisten toimijoiden kanssa vahvistaen näin Suomen asemaa tässä infrastruktuurissa.



**Kuva 2.** Grid osana tutkimuksen infrastruktuuria.

Funet-tietoliikenneverkko on esimerkki kansallisesta infrastruktuurista, jonka saumaton toiminta kansainvälisten verkkojen kanssa on gridien ja infrastruktuurien rakentamisen keskeinen edellytys. Tieteellisten kirjastojen yhteinen tietojärjestelmä ja korkeakoulujen HAKA-käyttäjätunnistus ovat myös esimerkkejä kansallisista infrastruktuureista, joiden rakentamiseksi tarvitaan laajaa yhteistyötä.

Suomessa ICT-alueelle syntynyt elinkeinoelämän klusteri on perustanut avoimen yhteistyöfoorumin, DIMESin, edistämään alan toimijoiden verkostoitumista kansallisesti ja Euroopassa. DIMES luo hyvät mahdollisuudet tuotekehityksen ja tutkimuksen yhteistyölle

suomalaisten yritysten verkostoituessa muun muassa EU:n puiteohjelmien teknologiayhteistyöhön (Technology Platform).

Kansainvälisenä yritysten ja tutkimuksen yhteistyömallina toimii CERNin organisoima OpenLab, joka tarjoaa yrityksille mahdollisuuden saada käyttökokeita omista tuotteistaan huippututkimuksen ympäristössä. Suomalaista yrityksistä Stonesoft ja F-Secure ovat tehneet sopimuksen OpenLabin kanssa.

## 2.3 eScience-ohjelmat

Tutkimuksen ja tuotekehityksen menetelmissä on tapahtumassa murros, joka vaikuttaa koulutukseen, tutkimukseen ja tieteen infrastruktuureihin. Laskennallisesta tieteestä ja tekniikasta ollaan siirtymässä tieteen apuvälinettä laajempaan kokonaisuuteen, jota kutsutaan englanniksi nimellä eScience. Se hyödyntää vahvasti ja monipuolisesti kaikkialle läpikäyvä tieteenteollista tietotekniikkaa ja uusia tietoverkkopohjaisia yhteistyömuotoja, uusia laskennallisen tutkimuksen menetelmiä ja sovelluksia eri tieteenaloilla, Internetin tuomia uusia yhteistyömuotoja, hajautettuja laskenta- ja datatallennusinfrastruktuureja sekä erityisesti grid-tekniikkaa. eScience on tehnyt mahdolliseksi vastata monitieteellisiin, laajoihin tutkimushaasteisiin sekä edistänyt globaalien osaamiskeskittymien syntymistä ja nopeuttanut teollista tuotekehitystä. Suomelle on erityisen tärkeää käyttää hyväksi verkostoitumisen mahdollisuudet ja eSciencen mukanaan tuomat tieteen toimintatavat. Suomen tulee käynnistää oma eScience-ohjelmansa.

Useissa maissa on laadittu tutkimuksen infrastruktuurien kehittämisen ja koordinaation tiemerkinnät. Laskennallisen tieteen ja tutkimuksen verkostoitumista tukevat hankkeet on koottu kansalliseksi eScience-ohjelmiksi. Esimerkkejä näistä ovat Britannian eScience-ohjelma ja Norjan eVITA-ohjelma. Ruotsissa ja Tanskassa tutkimuksen rahoittajaorganisaatiot ovat ottaneet johtavan roolin infrastruktuurien kehittämisessä. Pohjoismaiden ministerineuvosto käynnistää työn yhteispohjoismaisen eScience-strategian laatimiseksi. Ministerineuvoston näkemyksenä on, että eScience tulee muuttamaan tieteen dynamiikkaa merkittävästi tällä vuosikymmenellä. Asiaa edistää kansallisten tutkimusrahoittajien yhteistyöelin NOS.

Suomesta on toistaiseksi puuttunut laajapohjainen kansallinen eScience-ohjelma, joka edistää laskennallisen tieteen ja tekniikan koulutusta, tutkimusta ja soveltamista. Ohjelman tulee rakentua vahvan infrastruktuurin varaan, ja sen keskeisiä elementtejä ovat nopeat, luotettavat tietoverkot sekä erityyppiset grid-ratkaisut.

Kansallisen ohjelman tulee tukea erityisesti hankkeita, jotka edistävät laskennallisen tieteen ja tekniikan menetelmien soveltamista eri tieteen ja tekniikan aloilla. Se tukisi myös tutkimuksen huippuyksiköitä, strategisia osaamiskeskittymiä sekä vahvistaisi kytkentöjä kansainvälisiin verkostoihin. eScience-ohjelma on luonteva infrastruktuuri tukemaan korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tutkimuskonsortioita sekä verkostoituvaa opetuksen ohjausta ja suunnittelua sekä virtuaaliyliopistotoimintaa.

## 2.4 Suomen Grid-strategiatyöryhmän väliraportti ja suositusten toteutuminen

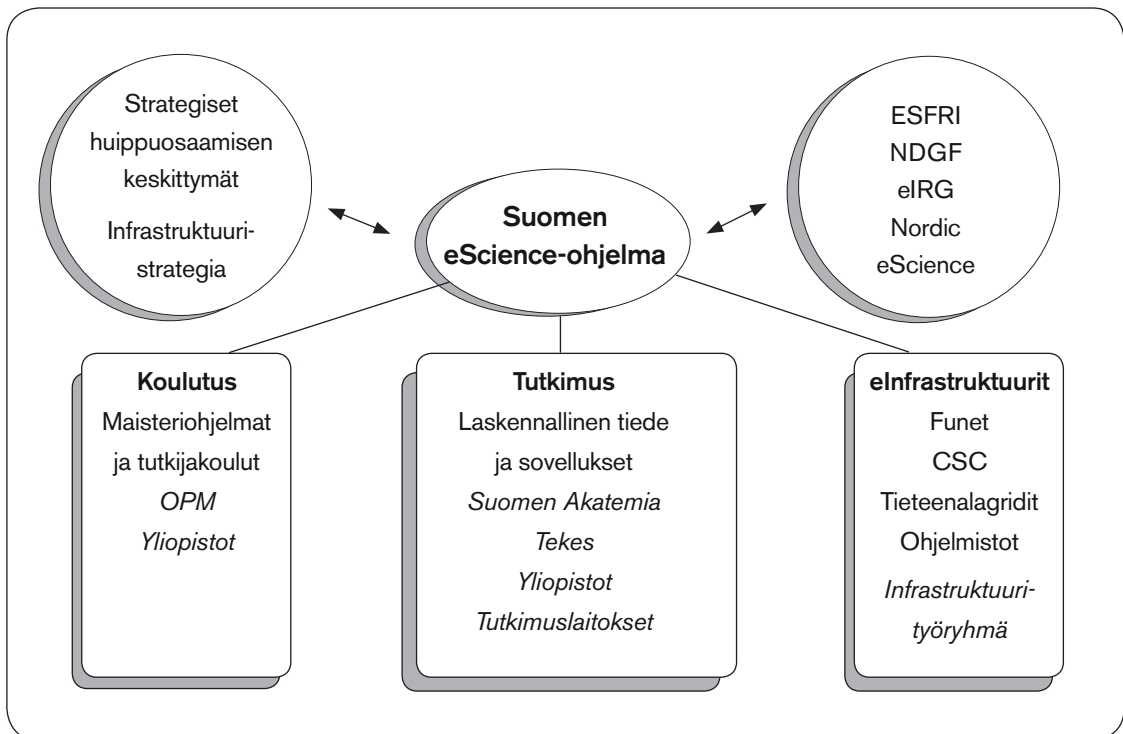
Kansallinen grid-strategiatyöryhmä aloitti toimintansa keväällä 2005 ja julkaisi saman vuoden syksyllä väliraportin. Siinä esitettiin pikaisia toimia laskennan ja datatallennuksen ajankohtaisten hankkeiden käynnistämiseksi ja edistämiseksi. Väliraportin toimenpide-ehdotukset



sen pohjalta on toteutettu onnistuneesti Suomen osuus pohjoismaisesta NDGF-hankkeesta (Nordic Data Grid Facility), jossa syntyi pohjoismainen yhteistyöorganisaatio edistämään pohjoismaista grid-tekniikan hyödyntämistä. Lisäksi toteutettiin Suomen osuus uudesta NORDU-net-tietoliikenneverkosta ja otettiin uusi askel Funet-tietoliikenneverkon kehittämiseksi. Raportissa kuvattiin myös CERNin LHC-törmäytinlaskenta- ja datatalennusympäristön kehittämistarve sekä siihen liittyvän laskentajärjestelmän rakentaminen Suomeen tämän ja eräiden muiden suurhankkeiden (PLANCK-satelliitti, ALMA-radioteleskooppi) laskentatarpeiden kattamiseksi. Työryhmän ehdottamia tieteenalakohtaisia grid-verkostoja on suunnitteilla kieli-, bio- ja neurotieteissä jo toteutuneen materiaalitieteiden M-grid-verkoston lisäksi. Työryhmä korostaa edelleen näiden lyhyen aikavälin tavoitteiden saavuttamisen tärkeyttä.

# 3 Suomen eScience-ohjelma

Kansallisen eScience-ohjelman strategisena tavoitteena on laajentaa laskennallisen tieteen ja tekniikan hyödyntämistä tutkimuksen ja tuotekehityksen eri osa-alueilla sekä vahvistaa innovaatiojärjestelmän osien välisiä kytkentöjä. Jotta tutkijat pystyvät hyödyntämään entistä tehokkaammin laskennallisen tieteen osaamista optimaalisella tavalla kansallisissa ja kansainvälisissä yhteistyöhankkeissa, tarvitaan kilpailukykyisiä hajautettuja laskennan ja datakäsittelyn grid-infrastruktuureja sekä verkostojen yhteistyötä tehostavia käyttöympäristöjä.



**Kuva 3.** eScience-ohjelma lisää laskennallisten menetelmien koulutusta ja hyödyntämistä tieteessä, luo monitasoista ja hajautettua tietotekniikkaa hyödyntäviä toimintamalleja sekä rakentaa ja ylläpitää kehittyviä infrastruktuureja.

Ehdotettavan eScience-ohjelman (kuva 3) toimenpiteet kohdistuvat laskennallisten tieteiden koulutuksen, tutkimuksen ja infrastruktuurien vahvistamiseen. Tietokonesimulointien, mallintamisen, kuvantamisen ja laskennallisten ennusteiden käyttö lisääntyy nopeasti sekä teollisessa toiminnassa että palveluissa. Tämä parantaa kustannustehokkuutta ja nopeuttaa tuotekehitystä. Korkeatasoinen ja riittävän laaja kansallinen osaamis pohja sekä vahva tekninen perusta ovat välttämättömiä laskennallisessa tieteessä ja tekniikassa.

Maisteriohjelmaa ja tutkijakoulutusta lisäämällä saadaan alan osaajia tutkimuksen, kansallisten osaamiskeskittymien ja elinkeinoelämän käyttöön. Panostukset laskennallisen tieteen tutkimukseen, tekniikkaan ja uusiin grid-tekniologioita hyödyntäviin laskenta- ja datakäsittelyinfrastruktuureihin luovat edellytykset uusille tieteellisille sovelluksille ja monitieteelliselle yhteistyölle korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja elinkeinoelämän välillä. Ohjelma tukee laskennallisen tieteen menetelmien ja uuden teknologian käyttöönottoa myös valmisteltavana olevissa huippututkimuksen keskittymissä. Se kannustaa tutkimuslaitoksia ja korkeakouluja ohjelmisto- ja infrastruktuurihankkeisiin yhteistyössä elinkeinoelämän kanssa. Hankkeissa hyödynnetään uusia informaatioteknologian mahdollisuuksia toimia kansallisissa ja kansainvälisissä verkostoissa, esimerkkinä modernit yhteistyön alustat ja kuvantamisen hajautetut menetelmät. Strategisen huippututkimuksen keskittymiä on suunnitteilla viidelle alueelle (informaatioteknologia, metsäteollisuus, energia ja ympäristö, terveys ja hyvinvointi sekä koneenrakennus ja valmistustekniikka).

Laskennallisen tieteen ja tekniikan merkitys yhteiskunnan tulevaisuuden välttämättömänä perustekijänä on otettava huomioon kansallisissa strategioissa. eScience-ohjelman toteuttaminen vahvistaa Suomen asemaa kansainvälisesti kilpailukykyisenä laskennallisen tutkimustiedon tuottajana ja soveltajana sekä houkuttelevana tutkimuksen ja tuotekehityksen toimintaympäristönä.

### 3.1 Laskennallisen tieteen koulutus

Tietokoneohjelmat ja datavarastot ovat monella tutkimuksen alalla nykyisin yhtä luonnollisia työkaluja kuin aiemmin käytössä olleet mittalaitteet ja laboratorionkokeet. Monia uusia tutkimuksen alueita ei käytännössä olisi nykyisessä muodossaan ilman simulaatioita tai datankäsittelyjärjestelmiä, hyvinä esimerkkeinä bioinformatiikka, kokeellinen suurenergiafysiikka ja neurotieteet. Laskentaan tai tietojenkäsittelyyn pohjautuvia tutkimusmenetelmiä käytetään myös muun muassa lääke-, sosiaali- ja taloustieteissä sekä esimerkiksi kielitieteellisissä malleissa, kirjastotieteessä ja arkeologian tallenteissa. Voidaan olettaa, että laskentajärjestelmä-, tietokanta-, ohjelmisto- ja algoritmiosaaminen nousevat tutkimuksen ja tuotekehityksen kansainvälisiksi kilpailutekijöiksi. Laaja-alainen laskennallisen tieteen koulutus luo parhaat edellytykset hyötyä uusista menetelmistä ja mahdollisuuksista.

Tulevaisuudessa yhä useammat tieteenalat käyttävät simulaatioita, mallinnusta ja datan louhintaa keskeisenä osana tutkimustaan. Matematiikka, tilasto- ja tietojenkäsittelytiede sekä muut menetelmätieteet nousevat entistä tärkeämpään asemaan luotaessa pohjaa uudelle tieteelliselle tutkimukselle. Menetelmäosaaminen mahdollistaa laadullisesti uusien ja luovien ratkaisujen syntymisen, mikä puolestaan on verkottuneen huippututkimuksen perusta.

Julkiset panostukset laskennallisten metodien koulutukseen korkeakouluissa parantavat avoimen sektorin edellytyksiä rekrytoida henkilöitä, jotka osaavat hyödyntää informaatioteknologian uusimpia mahdollisuuksia ja käyttää kansainvälisesti kilpailukykyisiä menetelmiä tuotekehityksessä.

Valmistuvien opiskelijoiden osaamispohjaa laajennetaan, kun yliopistoihin perustetaan uusia laskennallisen tieteen maisteriohjelmia ja eri tieteenalojen ohjelmiin sisällytetään uusinta alan opetusta. Näin koulutetaan poikkitieteellisiä informaatioteknologian moniosaajia.

Lisäämällä merkittävästi laskennallisen tieteen koulutusta varmistetaan kilpailukyky tulevaisuuden uusilla tutkimuksen ja elinkeinoelämän alueilla.

### **3.2 Poikkitieteellisen tutkimuksen vahvistaminen ja metodologisten valmiuksien parantaminen**

Laskennallisen tieteen menetelmien kehittäminen matematiikan, tilastotieteen ja tietojenkäsittelytieteen alueilla ylittää perinteiset tieteenalojen väliset rajat. Laskennallinen tiede hyödyntää vahvasti poikkitieteellistä osaamista ja edistää ja hyödyntää siten verkostoitumista ja yhteistyötä. Monitieteellisiä, uutta tietoa luovia tutkimusryhmiä ja erilaisia virtuaaliorganisaatioita on vaikea sijoittaa nykyisten tieteenrajojen sisään ja niihin perustuviin rakenteisiin (tiedekunnat, sektorilaitokset, yliopistojen laitosjako). On tärkeää, että uudet poikkitieteelliset tutkimusryhmät voivat saada rahoitusta myös laskennallisten tieteen menetelmien tutkimusta ja kehittämistä varten.

Esimerkkeinä virtuaaliorganisaatioista ovat tietyn aihealueen ympärille muodostuneet yhteistyöverkostot. Maassamme toimii useita tieteenalaverkostoja, kuten psykologian opetuksen ja tutkimuksen Psykonet-verkosto, sosiaalityön Sosnet-verkosto sekä suomalaisten yliopistojen oppimista ja osaamista tutkivien monitieteisten tutkimusryhmien Cicero-verkosto. Näiden yhteistyö perustuu verkon yli toimivaan kokousten organisointiin, hallinnon kommunikaatioon sekä virtuaaliopetukseen ja sisältää muun muassa perusopetuksen, tutkimuksen ohjauksen sekä väitöstilaisuudet. eScience-ohjelma edistää tavoitteita, jotka parantavat ongelmaperusteisen ja mielekkään yhteistyön mahdollisuuksia.

Valmisteltaessa kansallisen eScience-ohjelman tutkimusosiota Tekesin, Suomen Akatemian ja muiden rahoitusorganisaatioiden tulee tukea erityisesti projekteja, jotka kehittävät ja soveltavat laskennallisen tieteen menetelmiä uusilla alueilla. Esimerkiksi biologisten rakenteiden tutkimus tai taloustiede voivat hyödyntää fysiikassa käytettyjä laskennallisia menetelmiä. Ohjelmalla tarjotaan tutkijoille mahdollisuus kehittää uusia tieteellisiä menetelmiä myös nykyisillä laskennallisen tieteen vahvoilla aloilla. Yhteistyöprojektit vahvistavat laskennallisen tieteen osaamisen siirtymistä ja osaajien verkostoitumista uusille tieteen alueille. eScience-ohjelman tutkimusosio luo siten edellytyksiä monitieteelliselle verkostoitumiselle.

eScience-ohjelma tukee laajasti laskennallisen tieteen tutkimusta, menetelmien kehittämistä ja soveltamista.

### **3.3 Kansallisten ja globaalien infrastruktuurien rakentaminen**

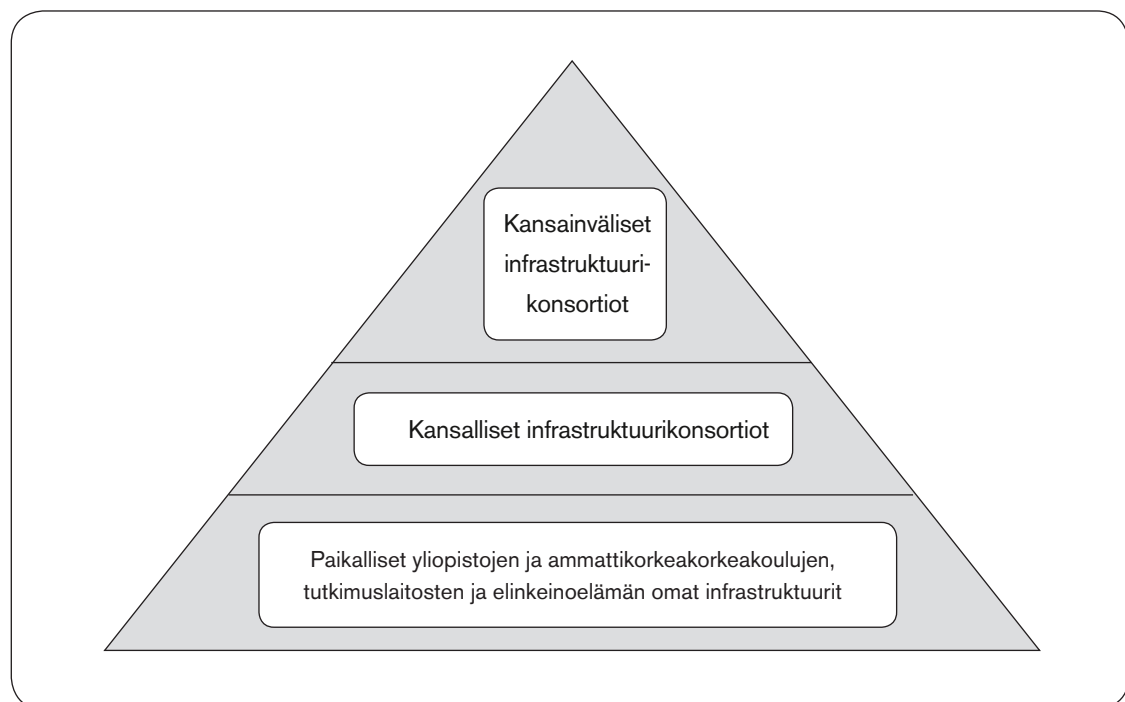
Huippututkimus tarvitsee vahvan infrastruktuurin. Grid-teknologia on keskeinen tulevaisuuden infrastruktuuri. Siihen kuuluu laajakaistaisten verkkojen ohella laskenta- ja tallennusresursseja sekä niiden tarvitsemia, saumattomat käyttömahdollisuudet turvaavia ohjelmistoja. Huomattava osa tutkimuksesta perustuu tulevaisuudessa ohjelmistojen ja laajojen

tietokantojen hyödyntämiseen. Kansalliset terveysalan tietokannat ja satelliittipaikannuksen kuvapankit ovat esimerkkejä lähitulevaisuuden tärkeistä tutkimuskohteista. Jotta muun muassa näitä resursseja päästään hyödyntämään tehokkaasti, tulee Suomessa olla kansallisia kilpailukykyisiä tieteen infrastruktuureja ja hyvät yhteydet globaaleihin verkostoihin ja grideihin. Keskeistä on myös tutkijoiden mahdollisuus saada tietoa ja tukea laskennan ja datankäsittelyn infrastruktuurien käytössä ja kehittämisessä. Bioinformatiikan ja kielitieteen tutkimus tulee entistä enemmän hyödyntämään kansallisia ja kansainvälisiä datainfrastruktuureja, joita myös suomalaiset tutkijat tuottavat tutkimuksessaan. Lisäksi terveys-, sosi- ja yhteiskuntatieteissä gridit mahdollistavat suurten eurooppalaisten data-aineistojen paremman poikkitieteellisen hyödyntämisen kuten aikasarjojen analyysin. Rekisteritutkimuksen laatu paranee vaativien laskennallisten taitojen ja rakenteiden kehityksen myötä.

Ympäri maailmaa hajaantuneet informaatiopankit, datantallennus- ja laskentajärjestelmät muodostavat globaaleja grid-infrastruktuureja. On tärkeää rakentaa Suomen tieteen infrastruktuuri kansallisten hankkeiden ohella myös siten, että liityntä globaaleihin infrastruktuureihin ja yhteistyöprojekteihin on saumatonta. Tiede- ja teknologianeuvoston ehdottama, OPM:n ja KTM:n asettama infrastruktuuriryöryhmä on keskeisessä roolissa, kun rahoittajien välistä työjakoa selkeytetään ja hallinnonalojen välistä yhteistyötä pyritään edistämään.

Kaikkiin kansainvälisiin infrastruktuureihin ei ole järkevää liittyä: liittyminen laajoihin tutkimuskonsortioihin voi vaatia kohtuuttoman suuria panostuksia. Hankkeiden priorisointi on välttämätöntä, ja sen tulee tapahtua tieteellisin perustein ja kansalliseen strategiaan nojautuen.

Suomen rajalliset resurssit tulee suunnata optimaalisesti. Osallistumisen globaaliin tutkimukseen pitää liittyä kansallisiin yhdessä määriteltyihin tavoitteisiin. Samalla pitää myös muodostaa kansallisesti rahoitettuja hankkeita, jotka tukevat kansallisten infrastruktuurien rakentamista ja siten infrastruktuureihin liittyvän osaamisen kehittymistä (kuva 4).



**Kuva 4.** Pyramidimalli, jossa kansallisesti koordinoitu paikallinen huippuosaaminen mahdollistaa myös globaalien infrastruktuurien tehokkaan hyödyntämisen.

Kansallinen yhteistyö ja koordinointi korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja elinkeinoelämän välillä yhdistää paikallisen tutkimuksen ja resurssit vahvaksi kansalliseksi keskittymäksi, joka pystyy parhaalla mahdollisella tavalla kilpailemaan globaaleista resursseista. Kansainvälisestä yhteistyöstä, kansallisista osaamiskeskittymistä ja tutkimusryhmistä muodostuu resurssi- ja osaamispyramidi, joka luo suomalaisille tutkijoille parhaat edellytykset tehdä kansainvälisesti korkeatasoista tutkimusta.

Tutkimuksen infrastruktuurien tulee olla korkeatasoisia ja niiden saatavuuden hallinnonrajat ylittäviä. Globaalien laskennallisen tieteen infrastruktuureiden tehokas hyödyntäminen edellyttää grid-teknologian soveltamista ja koordinoituja, riittävän suuria kansallisia panostuksia.

### **3.4 Ohjelmistojen laadun ja monikäyttöisyyden kehittäminen**

Laskennallisen tutkimuksen menetelmiin kuuluvat tärkeänä osana yksittäisten tutkijoiden ja tutkimusryhmien tuottamat ohjelmistot. Usein tieteellisiin tarkoituksiin kehitettyjä ohjelmistoja ei ole rakennettu systemaattisesti eivätkä niitä laatineet tutkijat ole saaneet ohjelmistotuotantoon tarvittavia ammatillisia valmiuksia. Ohjelmistot ovat kuitenkin keskeinen tutkimuksen työkalu, joten niiden laatu vaikuttaa tutkimuksen tasoon ja ohjelmistojen jatko- ja uudelleen käytettävyyteen. Korkeatasoinen ohjelmisto-osaaminen luo paremmat edellytykset tehdä tutkimusta ja käyttää tehokkaasti tietokoneresursseja. Se avaa myös ovia eturivin tutkimusryhmiin ja luo näkyvyyttä globaalissa tutkimusyhteisössä.

Tärkeät tutkimuksen uudet innovaatiot tarvitsevat toteutuakseen jatkossa tehokasta tieteen ohjelmistotuotantoa. Suomessa kannattaa panostaa tutkimusryhmien ohjelmisto-osaamiseen ja ohjelmoinnin prosessiosaamiseen. Kiinteä yhteistyö tietojenkäsittelytieteiden ja sovellusalueiden välillä on tärkeää, jotta tutkimusryhmien ohjelmisto-osaaminen sekä ohjelmoinnin prosessiosaaminen saadaan nousuun. Ohjelmistojen laatu vaikuttaa mahdollisuuteen hyödyntää niitä myös kaupallisesti. Avointen lähdekoodien ja OpenSource-periaatteiden noudattaminen edistää osaamisen kumulaatiota, ohjelmistojen uudelleen käytettävyyttä ja pidentää niiden elinikää.

Laskennallisen tieteen ohjelmistotuotannon laadun nostaminen ja OpenSource-periaatteiden tarkoituksenmukainen hyödyntäminen korkeakouluissa luo edellytykset ohjelmistojen nykyistä pidemmälle elinkaarelle ja hyödyntämiselle elinkeinoelämässä.

### **3.5 Verkostoitumisen edistäminen**

Korkeakoulututkimus ja -opetus, sektoritutkimuslaitokset sekä elinkeinoelämän tutkimus- ja kehitystoiminta muodostavat kansallisen innovaatioketjun, jonka sujuva yhteistyö kaikilla toiminta-alueilla on suomalaiselle yhteiskunnalle tärkeää. Julkisten panostusten tulisi edistää organisaattorajat ylittävien verkostojen tiivistä yhteistyötä ja poistaa järjestelmien yhteiskäyttöä hidastavia hallinnollisia esteitä. Yhteistyöhankkeita pitää kannustaa käyttämään uusia paikkasidonnaisuutta vähentäviä verkkopohjaisia työskentelytapoja sekä tiedonjako- ja käsittelymenetelmiä.

Meneillään oleva korkeakoulujen rakenneuudistus perustuu suurien, ongelmaperustaisten ja monitieteisten huippuyksikköjen luomiseen. Tavoiteltava tieteellinen huipputaso,

kansainvälinen kontaktipinta sekä ”kriittisen tiheyden” synergia ja profiloituminen ovat mahdollisia vain jos kommunikaatiovälineet, virtuaalinen yhdessä tekemisen teknologia ja infrastruktuuri ovat vaadittavan korkeatasoisia.

Laskennallisessa tieteessä kansalliset ja kansainväliset yhteiset laskenta- ja datankäsittelyn infrastruktuurit, gridit, luovat osaltaan hyvän pohjan kansalliselle ja globaalille verkostoitumiselle. Tutkimusyhteisöä varten tulee kehittää rahoitusmuotoja, jotka edistävät tiedeyhteisön organisaatioiden mahdollisuuksia tarjota virtuaaliyhteisöjen toimintaa helpottavia palveluita. Nämä mahdollistavat myös uusien innovaatioiden syntymisen ja intensiivisen, kaksisuuntaisen yhteistyön elinkeinoelämän kanssa.

EU-rahoituksen hankkimisessa voivat menestyä ainoastaan korkeatasoiset tutkimushankkeet, joilla on riittävän kriittinen massa ja innovaatiotaso. Suomessa on korkeatasoisia tutkijaryhmiä, jotka yhteistyön esteiden ja synergian puuttumisen vuoksi eivät aktiivisesti osallistu EU:n rahoittamiin hankkeisiin. Tieteen tekemisen aikaan ja paikkaan sitoutumattomat perusrakenteet, gridit ja muut verkkopohjaiset yhteistyön välineet, mahdollistavat suomalaisten ryhmien tiiviimmän osallistumisen EU-tutkimusohjelmiin kaikilla tutkimuksen aloilla.

Yhteistyön esteitä tulee tarvittaessa poistaa lainsäädännön muutoksilla. Verkostoituneessa yhteistyössä uusista yhteydenpidon välineistä muodostuu luonnollinen osa tutkijoiden jokapäiväistä työtä.

Suomen tutkimusjärjestelmän tulee parantaa sektoritutkimuslaitosten ja korkeakoulujen mahdollisuuksia rakentaa yhteisiä laskennallisen tieteen infrastruktuureja. Kansallinen, pitkäjänteinen taloudellinen suunnittelu ja hankkeiden koordinaatio, eScience-ohjelma, luo mahdollisuudet tarvittavalle yhtenäiselle infrastruktuurin rakentamiselle ja siten laskennallisen tieteen pitkäjänteiselle kehittämiselle. Se vähentää turhia päällekkäisiä panostuksia ja paikallisten intressien asettamista kansallisen edun edelle. Koordinoinnilla estetään rahoituksen sirpaloituminen yksittäisiin, toisistaan erillisiin hankkeisiin ja sektoroituminen satunnaisille tieteenaloille.

eScience-ohjelma käynnistää hankkeita, jotka tuottavat tiedeyhteisön yhteistyötä suoraviivaistavia ja tukevia palveluita. Julkisten panostusten ja koordinaation tulee edistää hallinnolliset rajat ylittävää infrastruktuuri- ja ohjelmistoyhteistyötä.

### **3.6 Laskennallinen tiede ja tekniikka innovaatiojärjestelmän osana**

Tutkimuksessa ja tuotekehityksessä syntyneet innovaatiot pyritään saamaan entistä nopeammin konkreettisiksi tuotteiksi ja palveluiksi. eScience-ohjelman hankerahoitus edistää tutkimusyhteisön ja elinkeinoelämän laskennallisen tieteen osaajien verkostoitumista ja siten tiedon ja osaamisen siirtymistä. Tiede- ja teknologianeuvoston esittämät strategisen huippuosaamisen keskittymät, korkeakoulujen yrityshautomot sekä eri tieteenalojen tutkimuskeskukset ovat haastavia ympäristöjä, joissa tutkimuksen tulokset pyritään saattamaan lähelle elinkeinoelämän toimintoja. Tutkimuksen ohjelmistojen tuotanto on kilpailutekijä, jonka avulla suomalaiset yritykset tulevaisuudessa voivat menestyä entistä paremmin. Tutkimusprojekteissa syntyvien sovellusohjelmistojen mahdollisuutta päätyä nykyistä paremmin yritysten tuotekehitykseen voidaan parantaa ottamalla käyttöön liiketoimintamalleja, joissa ohjelmistojen tuotteistusta vauhditetaan sekä julkisella että elinkeinoelämän rahoituksella.

Julkisella rahoituksella kehitettyjä ohjelmistoinnovaatioita voidaan tuotteistaa entistä paremmin ottamalla käyttöön uusia yhteistyön toimintamalleja.

# 4 Kansallisen eScience-ohjelman kehityskohteet ja toimenpide-ehdotukset

## 4.1 eScience-ohjelman ohjaus

eScience-ohjelman toimenpide-ehdotukset on suunniteltu toteutettaviksi vuosina 2008–2011. Ohjelmalla tulee olla ohjausryhmä, joka seuraa toiminnan vaikuttavuutta ja tuloksia sekä arvioi vuoden 2010 aikana sen vaikutusta laskennallisen tutkimuksen kehittymiseen Suomessa. Ohjelman siihen mennessä saaduista tuloksista voidaan arvioida ohjelman vaikuttavuus ja tähän pohjautuen päättää mahdollisesta jatkorahoituksesta vuoden 2011 jälkeen.

### **Toimenpide-ehdotus 1:**

OPM asettaa Suomen eScience-ohjelmalle ohjausryhmän.

## 4.2 Koulutus

Vahvistetaan laskennallisen tieteen yliopistotasosta koulutusta sekä edistetään alan tutkijakoulutusta. OPM on jo asettanut työryhmän laatimaan suunnitelman laskennallisten tieteiden kehittämiseksi. Grid-työryhmä katsoo, että neljän vuoden ohjelmaan vuosille 2008–2011 tulee varata lisärahoitusta noin 10 M€ siten, että tutkijakoulun osuus on 4 M€ ja maisteriohjelmien osuus 6 M€.

### **Toimenpide-ehdotus 2:**

Laskennallisen tieteen maisteriohjelmiä ja tutkijakoulutusta varten suunnataan OPM:n hankerahoitusta 10 M€ vuosina 2008–2011.



## 4.3 Tutkimus

Laajennetaan tieteellisen laskennan osaamista uusille tieteenaloille sekä vahvistetaan alan menetelmäkehitystä tutkimus- ja teknologiaohjelmalla. Ohjelman kautta rahoitetaan myös monitieteisiä konsortiotyyppejä hankkeita eri sovellusalueilla. Tämän lisäksi ohjelman kautta tuetaan laskennallisen tieteen korkeatasoista perustutkimusta. Haku tulisi toteuttaa vuosien 2008–2009 aikana ja siihen tulisi varata 20 M€ rahoitusta.

### **Toimenpide-ehdotus 3:**

Suomen Akatemia ja Tekes valmistelevat ja rahoittavat laskennallisen tieteen ja sen sovellusten tutkimusohjelman. Ohjelmassa käynnistetään tutkimusprojekteja, joissa kehitetään ja hyödynnetään laskennallisen tieteen menetelmiä uusilla tieteenaloilla sekä vahvistetaan laskennallisen tieteen osaamista. Ohjelma on nelivuotinen ja ajoittuu vuosille 2009–2012.

Kustannusarvio on 20 M€.

## 4.4 Infrastruktuurit

Suomi voi parhaiten hyödyntää kansallista tieteellisen laskennan yhteistyötä ja kansainvälisiä hankkeita, kun tutkijoilla on esteetön pääsy laskenta- ja datainfrastruktuurien käyttäjiksi hallinnollisten sektorirajojen sitä estämättä. Suurten tutkimushaasteiden ympärille muodostuu usein laajoja tutkimuskonsortioita, jotka kehittävät kansallisia hankkeita mittavampia tutkimuslaitteita ja datan analysointijärjestelmiä. Esimerkkejä ovat Eurooppaan rakennettavat ITER-fuusioreaktori, PLANCK-satelliitti, CERNin LHC-törmäytin massiivisine tiedonkäsittelyjärjestelmineen sekä eurooppalainen biopankki ja muut vastaavat eri tieteenalojen tiedontallennuksen järjestelmät. Yhteistyöhankkeissa syntyy laajasti verkostoituneita virtuaaliorganisaatioita ja mittavia tieteellisen laskennan tarpeita.

Infrastruktuurien käyttö ja tutkimuslaiteresurssien täysipainoinen hyödyntäminen edellyttävät kansallisia grid-investointeja sekä huippuluokan tietoliikenneyhteyksiä. Laskennallisen tieteen infrastruktuurien perustana Suomessa on Funet-tietoliikenneverkko.

### **Toimenpide-ehdotus 4:**

Funet-tietoliikenneverkon kehittäminen on eScience-ohjelman perusedellytys. OPM varaa Funetin kehittämiseen vuosille 2008–2011 4,5 M€. Mahdollisuudet sektorirajat ylittävään rahoitukseen selvitetään.

Luodaan Suomeen vahva laskennallisen tieteen grid-osaamisen traditio rakentamalla datatallennuksen ja laskennan infrastruktuureja materiaalitutkimuksen M-grid-mallin mukaisesti. Grid-osaamista ja -yhteistyötä vahvistamaan perustetaan National Grid Initiative (NGI) koordinoimaan suomalaisten grid-infrastruktuureja hyödyntävien toimijoiden yhteistyötä kansallisissa ja kansainvälisissä grid-hankkeissa.

### **Toimenpide-ehdotus 5:**

OPM ja KTM suunnittelevat toimintamallin, joka rahoittaa hajautettujen tietokanta- ja laskentainfrastruktuurien sekä tieteenalakohtaisten gridien rakentamisen korkeakoulujen ja sektoritutkimuslaitosten rajat ylittäen.

Kustannusarvio vuosille 2008–2009 on 1,2 M€.

**Toimenpide-ehdotus 6:**

OPM rahoittaa perustettavan NGI-toiminnan edellyttämää henkilötyötä.

Kustannusarvio vuosille 2008–2011 on 0,3 M€.

Suomen tutkijoille tulee taata pääsy Euroopassa ja globaalisti syntyviin merkittäviin laskennan ja datantallennuksen infrastruktuurien hyödyntäjiksi. ESFRI on linjannut ”European Roadmap for Research Infrastructures” -raportissa useita suuria tieteen infrastruktuurihankkeita. Näistä Suomelle ovat tärkeitä mm. suurteholaskennan, kielitieteen ja biotieteiden hankkeet. Lisäksi laskennallisen tieteen kannalta tärkeässä asemassa on myös EGI-ryhmän ehdottama Euroopan laajuinen yleinen grid-infrastruktuuri. Vaikutusmahdollisuudet näiden kansainvälisten infrastruktuurien muotoutumiseen ja tulevaan käyttöön riippuvat pitkälti kansallisesta panostuksesta. Rahoitus tulee suunnata pääosin kansallisen työpanoksen lisäämiseen ja sellaisen infrastruktuurin kehittämiseen, jota voidaan käyttää vaihdannan välineenä huippuresurssien allokoinnissa sekä vaikuttamisen välineenä niiden rakentamisvaiheessa.

**Toimenpide-ehdotus 7:**

OPM:n asettama infrastruktuuryöryhmä suunnittelee, miten suomalaiselle huippututkimukselle taataan pääsy niihin kansainvälisiin huippuluokan laskenta- ja tallennusinfrastruktuureihin, joita ei kansallisesti voida tarjota. Ensisijaisesti kyseessä ovat ESFRIn tiekartalla olevien Suomen linjauksia tukevien biopankki- (0,5 M€/vuosi), kieliteknologia- (0,5 M€/vuosi) ja European High Performance Computing Service (1 M€/vuosi) hankkeiden aloitteista syntyvät infrastruktuurit. Tämän lisäksi tulee ottaa huomioon myös EGI-ryhmän suunnittelema eurooppalainen grid-infrastruktuurihanke (0,3–0,5 M€/vuosi).

Kustannusarvio vuosille 2008–2011 on yhteensä 2,3–2,5 M€/vuosi.

CERNin LHC-törmäyttimen ja PLANCK-satelliitin tuottamien massiivisten mittausaineistojen käsittelyä varten tarvitaan kansallisesti rahoitettu datanhallinnan ympäristö. Tämä on myös pohja osaamiskeskukselle, joka tukee muita datanhallinnan hankkeita, kuten kaikkia kansallisia grid-toimintoja.

**Toimenpide-ehdotus 8:**

OPM rahoittaa kokonaisvaltaisen ja kustannustehokkaan datankäsittelyn ympäristön, joka on välttämätön CERNin LHC-kokeiden ja PLANCK-satelliitin data-analyysiin v. 2008–2012. Etsitään synergiaedut muiden tieteellisten koe-, havainto- ja tallennusjärjestelmien datahaasteiden välillä. Muut kuin LHC-törmäyttimen datanhallinnan infrastruktuurin kustannukset tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

Kustannusarvio vuosille 2008–2012 on 5 M€.

## 4.5 Ohjelmistot

Pyritään nostamaan tutkimusryhmien laatimien sovellusohjelmistojen tasoa. Tuetaan rahoitusohjelmalla sovellusohjelmistojen tuotteistusta ja ammattimaista ohjelmistoprojektien hallintaa. Toimenpiteillä kasvatetaan sovellusohjelmistojen elinikää sekä mahdollista jatkokehitystä ja uudelleen käyttöä. Ohjelma voidaan liittää myös samantyyppisiin olemassa oleviin ohjelmiin (Tekes, SITRA, Suomen Akatemia).

**Toimenpide-ehdotus 9:**

Suomen Akatemia rahoittaa tutkimushankkeissa tapahtuvaa ohjelmistokehitystä osana tutkimuksen infrastruktuuria. Tekes rahoittaa tutkimus- ja kehityshankkeiden yhteydessä sovellusohjelmistojen arkkitehtuuri-, projekti- ja tuotteistusosaamisen kehittämistä.

Kustannusarvio vuosille 2008–2011 on 2 M€.

## 4.6 Yhteistyön välineiden kehittäminen

Tutkimustyön parissa syntyy yhä useammin kansallisia ja kansainvälisiä virtuaaliyhteisöjä, jotka hyödyntävät erilaisia yhteistyön teknisiä välineitä. Esimerkkejä näistä ovat avoimet ja suljetut verkon ryhmätyöalueet (wiki, ohjelmistojakelu, tiedostojen vaihto, keskustelupalstat jne.), korkeatasoiset videoneuvottelujärjestelmät (AccessGrid), jaetut sovellukset sekä jaetut laskenta- ja tallennusjärjestelmät. Verkostoituneilla toimijoilla tulee olla käytettävissään parhaat mahdolliset työkalut. eScience-hankkeissa tulee edistää edellä kuvattujen toimintojen ja palvelujen syntymistä sekä niiden käyttöön liittyviä liiketoimintamalleja. Verkostoitumista edistävien palveluiden hankinta ja hyödyntäminen pitää nähdä luonnollisena osana tutkimusprojekteja. Toimenpiteet tukevat myös Suomen virtuaaliyliopiston tavoitteita.

**Toimenpide-ehdotus 10:**

Korkeakoulut ja tutkimuslaitokset varaavat tutkimus- ja tuotekehityshankkeiden rahoituksessa varoja, joita voidaan käyttää verkon yli tapahtuvaa yhteistyötä tukevien palveluiden ostoon tai kehittämiseen.

Kustannusarvio vuosille 2008–2011 on noin 1,2 M€.

## 5 Käsitteistöä

### **ALMA (Atacama Large Millimeter Array)**

ALMA on European Southern Observatoryn (ESO) suurhanke, jossa rakennetaan uuden sukupolven radioteleskooppi astrofysiikan käyttöön. Suomi on ESO:n jäsenvaltio.

### **Biopankki (European Biobanking and Biomolecular Resources)**

Biopankki (Biobanking) on ESFRIn tiekartalle valittu hanke, joka verkostoi olemassa olevia biomolekulaarisia aineistoja ja muita biopankkeja. Biopankit sisältävät epidemiologista, kliinistä, biologista ja muuta vastaavaa tietoa terveistä ja sairaista ihmisistä. Hanke tuottaa infrastruktuurin, joka sisältää laajoja hyvin dokumentoituja ja ajantasaisia tietokantoja sekä bioinformatiikan työkaluja tukemaan globaalia biolääketieteen tutkimusta.

### **Cicero**

Cicero Learning on Helsingin yliopiston koordinoima suomalaisten yliopistojen oppimista ja osaamista tutkivien monitieteisten tutkimusryhmien verkosto. Vuonna 2005 perustetun verkoston tavoitteena on luoda aktiiviset suhteet myös elinkeinoelämään ja yrity maailmaan.

### **CLARIN (Common Language Resources and Technology Infrastructure)**

CLARIN on yksi ESFRIn prosessin tiekartalle valituista hankkeista. Sen tarkoituksena on saattaa tietokoneen muodossa olevia kieliresursseja, kuten tekstejä, sanastoja, puhetta ym. kielitieteilijöille ja muille tutkijoille helposti saataville ja käytettäväksi. CLARIN ratkaisee aineistojen ja tiedon pirstoutumisen, yhteensopivuuden ja yhteiskäytön ongelmia, jotka nykyisellään hidastavat ja hankaloittavat resurssien käyttöä ja niiden kehittämistä.

### **DIMES**

DIMES on kansallinen organisaatio, joka verkostoi laajasti suomalaisia ICT-alueen toimijoita ja yrityksiä Suomessa sekä kansainvälisesti.

### **DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications)**

DEISA on EU:n kuudennen puiteohjelman rahoittama projekti. Projektin päämääränä on yhdistää Euroopan suurimpien tietokonekeskusten superkoneet yhtenäiseksi laskentaklusteriksi. Projekti alkoi vuonna 2004 ja päättyi 2008.

### **EGEE II (Enabling Grids for E-science)**

Enabling Grids for E-science on EU:n kuudennen puiteohjelman rahoittama projekti, jonka päämääränä on rakentaa viimeisintä teknologiaa käyttäen tutkijoille seitsemän päivää viikossa 24 tuntia vuorokaudessa toimiva grid. Projekti käynnistyi 2004 ja siihen osallistuu yli 30 Euroopan maata. Sen toinen vaihe päättyi 2008.

### **EGI (European Grid Initiative)**

EGI on EGEE II projektin ympärille rakennettu valmisteluryhmä, joka pyrkii yhdistämään Euroopan maiden kansalliset Grid-aloitteet yleiseurooppalaiseksi infrastruktuuriksi.

### **eIRG (eInfrastructure Reflection Group)**

eIRG on EU:n komission asiantuntijaelin, joka tukee eurooppalaisten hajautettujen laskenta-, tallennus- ja verkkoresurssien käyttöä valmistelemalla korkean tason poliittisia kannanottoja (<http://www.e-irg.org/>).

### **eScience**

eScience on tutkimusta, joka käyttää vahvasti hyväkseen tietotekniikan uusia välineitä sekä sähköisen kommunikaation ja erityisesti Internetin luomia mahdollisuuksia.

### **ESFRI (European European Strategy Forum on Research Infrastructures)**

ESFRI:n toiminta tähtää hyvin perusteellisen aloitteen tekemiseen EU:lle tieteen infrastruktuurien priorisoinnista 15–20 vuoden aikaperiodilla. ESFRI:ssä on edustajat kustakin jäsenmaasta. ESFRI-toiminnalla on periaatteessa pitkä aikajänne, mutta sen julkaisemisissa suosituksissa korostuvat seitsemännen puiteohjelman hankkeet.

### **HAKA-infrastruktuuri**

HAKA-infrastruktuuri on Suomen yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen yhteinen käyttäjätunnistusjärjestelmä, johon liittyneen korkeakoulun käyttäjät pääsevät yhdellä kirjautumisella korkeakoulusektorin palveluihin, riippumatta siitä kuka palvelun tuottaa. CSC operoi HAKA-infrastruktuuria.

### **HET (High Performance Computing in Europe Taskforce)**

HET on EU:n jäsenmaiden edustajista koottu asiantuntijaryhmä, joka suunnittelee Euroopan tulevaisuuden suurteholaskennan infrastruktuuria.

### **Laskennallinen tiede (computational science)**

Laskennallinen tiede on yleisnimitys tutkimustyön kolmannelle moodille, kokeellisen (tai havainnoivan) ja teoreettisen tieteen rinnalle. Se sisältää mallien kehittelyn, algoritmit, numeerisen implementoinnin sekä laskennan tai datamassojen analyysin kautta saadun tiedon jatkojalostuksen. Laskennallinen tiede spesifioidaan usein kohdealueensa mukaisesti: laskennallinen fysiikka, kemia, biologia jne. Laskennallinen lähestymistapa sisältää toisaalta paljon geneerisiä aineksia, mistä syystä se on myös kehittynyt yhtenäisenä tieteenalana omine julkaisufoorumeineen ja konferensseineen.

### **LHC (Large Hadron Collider)**

Large Hadron Collider (LHC) on CERNin rakenteilla oleva protoni-protoni- ja lyijy-lyijy-törmäytin. Se käynnistyy vuonna 2007. LHC:n avulla fyysikot pystyvät tutkimaan aineen perusrakennetta ja symmetrioita uudella energia-alueella, johon aiemmilla törmäyttimillä ja mittalaitteilla ei ole päästy. Tutkimus jakautuu useaan kokeeseen.

A Large Ion Collider Experiment (ALICE) on LHC-törmäyttimen koe, joka on optimoitu lyijy-lyijy-törmäyksiä tutkimaan. Mittausdataa analysoimalla pyritään tutkimaan kvarkki-gluoniplasmaa ja sen ominaisuuksia. Tuloksia voidaan soveltaa aineen syntyhistorian tutkimiseen varhaisessa maailmankaikkeudessa, koska noin kymmenen mikrosekuntia alkuräjähdyksen jälkeen maailmankaikkeus koki faasitransition kvarkki-gluoniplasmasta hadronikaasuun.

Compact Muon Solenoid (CMS) on toinen LHC-törmäyttimen koemasista. CMS-koe on optimoitu protoni-protonitörmäyksiä tutkimaan. CMS-kokeen mittausdatan avulla etsitään Higgsin bosonia, tutkitaan supersymmetriaa sekä tutkitaan b- ja t-kvarkkien fysiikkaa. Tutkimustuloksilla on merkitystä varhaisen maailmankaikkeuden ymmärtämisen kannalta. Fysiikan tutkimuslaitos on CMS-kokeen perustajajäsen.

TOTEM-koe mittaa LHC-törmäyttimellä tuotettuja pienen kulman protoni-protoni-törmäyksiä. Kokeessa tutkitaan aineen ominaisuuksia ääriolosuhteissa, kvarkkien ja gluonien vankeutta, gluonitihentymiä sekä etsitään Higgsin hiukkasta. Kokeen odotetaan vastaavan mm. kosmisessa säteilyssä havaittuihin uusiin ilmiöihin. Fysiikan tutkimuslaitoksella ja Helsingin yliopiston fysikaalisten tieteiden laitoksella on kokeessa keskeinen rooli.

### **MASI (Mallinnus ja simulointi)**

Tekesin MASI - Mallinnus ja simulointi -teknologiaohjelma käynnistyi tammikuussa 2005. Ohjelmassa kehitetään mallinnuksen ja simuloinnin osaamista ja menetelmiä sekä viedään niitä suomalaisen elinkeinoelämän hyödynnettäväksi.

### **M-grid**

Materiaalitutkimuksen kansallinen grid-infrastruktuuri (M-grid) on CSC:n, seitsemän suomalaisen yliopiston sekä HIP:n yhteinen hanke, jossa on rakennettu tietokoneverkosto kytkemällä eri paikkakunnilla sijaitsevat klusterilaitteistot yhteen laskentajärjestelmäksi. Hankkeessa hyödynnetään Pohjoismaissa kehitettyä grid-teknologiaa ja ARC-väliohjelmistoa. Järjestelmään kuuluu lähes 2000 tehokasta prosessoria.

### **Monitieteellisyys (multidisciplinarity)**

Monitieteellisyydellä tässä yhteydessä tarkoitetaan toimintaa, jossa usean eri tieteenalan tutkijat tutkivat yhteistyössä samaa ongelmaa. Esimerkkejä tällaisesta tutkimusyhteistyöstä ovat monimittakaavainen materiaalitutkimus ja systeemibiologia.

### **Menetelmätieteet**

Menetelmätieteillä tarkoitetaan tässä yhteydessä tieteenaloja, joissa perustutkimuksen lisäksi kehitetään yleisiä tutkimuksen välineitä ja menetelmiä, esimerkkeinä matematiikka, tilastotiede ja tietojenkäsittelytiede.

### **NDGF (Nordic Data Grid Facility)**

Nordic Data Grid Facility on pohjoismaisten tutkimusrahoitusorganisaatioiden hanke. NDGF suunnittelee ja valmistelee pohjoismaista grid-infrastruktuuria erityisesti LHC-toimintaa silmälläpitäen.

### **NESSI**

NESSI on eurooppalainen teknologia aloite ns. teknologiayhteistyö (technology platform), jolla kehitetään ohjelmistoja ja niiden mahdollistavia palveluita.

### **NetGest**

Network Identity, Grid Enabled Service and Trust Networks on HIP:in organisoima teollinen grid-tutkimusprojekti.

### **PLANCK**

PLANCK on vuonna 2007 laukaistava Euroopan avaruusjärjestön, ESA:n tutkimussatelliitti, jonka tärkeimpänä tehtävänä on mitata varhaisessa maailmankaikkeudessa syntyneitä kosmista taustasäteilyä. PLANCK kartoittaa koko taivaan tehden havaintoja samanaikaisesti yhdeksällä eri aallonpituudella. Havaintoja tullaan käyttämään myös taustasäteilyyn nähden etualalla olevien kohteiden tutkimiseen – kaukaisista galaksijoukoista ja galakseista aina oman Linnunratamme ja vieläpä oman Aurinkokuntamme kohteisiin saakka. PLANCK on suurhanke, johon osallistuu yli 40 eurooppalaista tutkimuslaitosta.

### **Poikkitieteellisyys (transdisciplinarity)**

Poikkitieteellisyydellä tässä yhteydessä tarkoitetaan toimintaa, jossa jokin tieteenala hyödyntää muiden tieteenalojen menetelmiä. Esimerkiksi laskennallinen nanotiede käyttää numeerisen matematiikan menetelmiä materiaalfysiikan ja -kemian tutkimukseen.

### **Psykonet**

Psykonet on psykologian koulutusalailla toimiva opetusministeriöltä valtakunnallisen tehtävän saanut psykologian yliopistoverkosto. Siihen kuuluvat Helsingin, Joensuun, Jyväskylän, Tampereen ja Turun yliopistojen psykologian laitokset sekä Psykologiska institutionen vid Åbo Akademi. Psykonet on esimerkki tieteenalakohtaisesta intensiivisestä verkottumisesta.

## **SOSNET**

SOSNET on valtakunnallinen sosiaalityön yliopistoverkosto, joka järjestää sosiaalityön erikoistumis- ja tutkijankoulutusta sekä edistää peruskoulutukseen liittyvää yhteistyötä.

### **Tieteen infrastruktuuri / grid-infrastruktuuri**

Tässä muistiossa ”grid” käsitetään laajassa merkityksessä, osana tutkimuksen infrastruktuuria. Sillä tarkoitetaan tutkimuksen kannalta oleellisia fyysisiä tietokone-, havainto- ja mittauslaitteita, tietovarastoja ja -aineistoja sekä näihin liittyviä erilaisia palveluja (analyysi, visualisointi jne.). Esimerkkejä grid-komponenteista ovat mm. tutkimuksen tietokoneet, mittausasemat, datavarastot, elektroniset kirjastot ja arkistot, tietokannat, laskentapalvelimet, näiden edellyttämät tietoverkot sekä teknisiä ja tukipalveluja tuottavat tutkijayhteisöt. Tyypillinen piirre grid-järjestelmälle on tarve tallentaa ja käsitellä erittäin suuria tietomääriä siten, että ne ovat maantieteellisesti hajautetun tutkijaverkoston käytettävissä. Grid-järjestelmät voivat olla osin geneerisiä (sama infrastruktuuri palvelee usean tieteenalan tutkijoita) tai tieteenalakohtaisia (infrastruktuuri, tukiohjelmistot ja muut palvelut suunnattu yhden tieteenalan tutkijoille).

### **Tieteellinen laskenta (scientific computing)**

Tieteellisellä laskennalla tarkoitetaan laajasti tietokoneiden ja -verkkojen hyödyntämistä tutkimustiedon tuottamisessa, analysoinnissa ja visualisoinnissa. Termi käsittää yleensä myös toiminnan organisatorisen ja hallinnollisen puolen ja sivuaa usein läheltä myös teknisiä asioita, ts. ”kurkistaa pellin alle”. Suomessa on jo 35 vuoden ajan toiminut tällä saralla julkista tutkimusta palveleva organisaatio, nykyiseltä nimeltään CSC – Tieteellinen laskenta Oy.

### **Tietojenkäsittelytiede (computer science)**

Tietojenkäsittelytiede on kehittynyt sovelletusta matematiikasta dataa, tietoa ja niiden muokkaamista laajasti tutkivaksi toiminnaksi. Sen yhä levenevä kirjo käsittää alueita formaalista logiikasta algoritmeihin, ohjelmointikieliin, tietojärjestelmiin sekä aina ihmisen ja tietokoneen väliseen vuorovaikutukseen.

### **Virtuaaliorganisaatio (VO)**

Virtuaaliorganisaatiolla tarkoitetaan yleensä tietoverkossa toimivaa yhteisöä, tutkimus- tai muuta ryhmää. VO:lle ei ole välttämättä selkeää hallinnollista keskusta, vaan se toimii ryhmään osallistuvien edustajien kotiorganisaatioiden tuella.



# Viitteet

- About the UK eScience Programme (2001–2006). <http://www.rcuk.ac.uk/escience/default.htm>
- ESFRI-roadmap, EU (2006). [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/esfri/docs/esfri-roadmap-report-26092006\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/esfri/docs/esfri-roadmap-report-26092006_en.pdf)
- Simulation-Based Engineering Science, (2006).  
[http://www.ices.utexas.edu/events/SBES\\_Final\\_Report.pdf](http://www.ices.utexas.edu/events/SBES_Final_Report.pdf)
- Osaamiskeskittymä- ja infrastruktuuristrategia, TTN (2006).  
[http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tiede/tiede-ja\\_teknologianeuvosto/liitteet/TTN\\_tiedote\\_2006.06.27\\_osaamiskeskittyma.pdf](http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Tiede/tiede-ja_teknologianeuvosto/liitteet/TTN_tiedote_2006.06.27_osaamiskeskittyma.pdf)
- eVita, eVitenskap i Norge (2004). <http://www.usit.uio.no/usit-rad/til-radet/evita/rapport.pdf>
- Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen, Sverige (2006). <http://www.vr.se/download/18.7bea596910e36c19cbc80001735/Rapport+14.2006.pdf>
- Kortlægning af danske forskeres brug af og behov for større forskningsinfrastruktur (2005).  
<http://www.forskningsinfrastruktur.dk/>,  
<http://www.forskningsinfrastruktur.dk/FUTURE%20RESEARCH.pdf>
- Grid-strategiatyöryhmän asettaminen (2005).  
[http://www.hare.vn.fi/upload/Asiakirjat/10564/73528\\_grid-strategia.doc](http://www.hare.vn.fi/upload/Asiakirjat/10564/73528_grid-strategia.doc)
- Grid-strategiatyöryhmän väliraportti (2005).  
[http://www.hare.vn.fi/upload/Asiakirjat/10564/81959\\_GRID\\_muistio.doc](http://www.hare.vn.fi/upload/Asiakirjat/10564/81959_GRID_muistio.doc)
- Psykonet. <http://www.psykonet.fi/>
- CICERO Learning. <http://www.cicero.fi/>
- SOSNET. [www.sosnet.fi](http://www.sosnet.fi)
- NSF Facility Plan 2005. <http://www.nsf.gov/attachments/102806/public/NSFFacilityPlan.pdf>
- Towards 2020 Science, MicroSoft (2006). <http://research.microsoft.com/towards2020science/>
- NESSI Strategic Research Agenda (2006). [http://www.nessi-europe.eu/Nessi/Portals/0/Nessi%20repository/Publications/Flyers/NESSI\\_SRA\\_VOL\\_3\\_2006\\_07.pdf](http://www.nessi-europe.eu/Nessi/Portals/0/Nessi%20repository/Publications/Flyers/NESSI_SRA_VOL_3_2006_07.pdf)
- Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure (2003).  
<http://www.nsf.gov/cise/sci/reports/atkins.pdf>



OPETUSMINISTERIÖ

*Undervisningsministeriet*

MINISTRY OF EDUCATION

*Ministère de l'Éducation*

ISBN 978-952-485-300-2

ISSN 1458-8102

**Julkaisumyynti / Bokförsäljning**

Yliopistopaino / Universitetstryckeriet  
PL 4 / PB 4 (Vuorikatu 3 / Berggatan 3)  
00014 Helsingin Yliopisto / Helsingfors Universitet  
puhelin / telefon (09) 7010 2363  
faksi / fax (09) 7010 2374  
books@yopaino.helsinki.fi  
www.yliopistopaino.helsinki.fi