

FI

FI

FI



EUROOPAN YHTEISÖJEN KOMISSIO

Bryssel 5.3.2009
KOM(2009) 108 lopullinen

**KOMISSION TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE, NEUVOSTOLLE,
EUROOPAN TALOUS- JA SOSIAALIKOMITEALLE SEKÄ
ALUEIDEN KOMITEALLE**

TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIikka TIETEEN PALVELUKSESSA

**KOMISSION TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE, NEUVOSTOLLE,
EUROOPAN TALOUS- JA SOSIAALIKOMITEALLE SEKÄ
ALUEIDEN KOMITEALLE**

TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIikka TIETEEN PALVELUKSESSA

1. JOHDANTO

1.1. Tiedonannon tavoite

Tässä tiedonannossa nostetaan esiin TVT-infrastruktuurin¹ strategista roolia Euroopan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan olennaisen tärkeänä tukirakenteena. Siinä kehoitetaan EU:n jäsenvaltioita ja tiedeyhteisöjä tehostamaan ja koordinoimaan yhteistyössä Euroopan komission kanssa toimintaansa niin, että maailmanluokan TVT-infrastruktuurit (ns. e-infrastruktuurit) voivat tasoittaa tietä vuosisatamme uusille tieteellisille läpimurroille.

1.2. Taustaa

Innovointi, joka luo talouskehityksen perustan, riippuu tieteen nopeasta edistyksestä. Tiede taas perustuu yhä enenevässä määrin avoimeen, rajat ylittävään yhteistyöhön eri puolilta maailmaa tulevien tutkijoiden välillä. Tieteenteossa hyödynnetään paljon suurteholaskentaa kompleksisten järjestelmien mallintamisessa ja tutkimustulosten prosessoinnissa.

Pitkälle kehittyneitä tietoteknisiä resursseja, datakokoelmia ja tieteellisiä välineitä hyödyntävien uusien tutkimusmenetelmien esiinnousu (ns. e-tiede) saattaa mullistaa tieteentekoprosessin samalla tavoin kuin ”tieteen renessanssi”², joka loi nykyaikaisen tieteen perustan. On erittäin tärkeää, että Eurooppa omaksuu tämän viitekehyksen perustavanlaatuisen muutoksen, jotta se pystyy säilyttämään kilpailukykynsä ja vastaamaan yhteiskunnan odotuksiin.

Jotta e-tieteen aikakauteen siirtyminen sujuisi helpommin, Euroopan komissio ja jäsenvaltiot ovat tehneet merkittäviä investointeja e-infrastruktuuriin, kuten yleiseurooppalaiseen GÉANT-tutkimusverkkoon³, e-tieteen grid-verkkoihin, datainfrastruktuuriin ja superlaskentaan.

Pyrkimys maailmanjohtajuuteen e-tieteessä, e-infrastruktuurien vakiinnuttaminen pysyväksi perusrakenteeksi sekä niiden hyödyntäminen innovaatioiden edistämiseksi – nämä ovat päälinjoja uudistetussa eurooppalaisessa strategiassa, jolla pyritään tukemaan läpimurtotutkimusta vuoteen 2020 mennessä ja siitä eteenpäin. Strategia edellyttää merkittävää lisäpanostusta investointeihin niin niiden määrän kuin tyypinkin suhteen. Investoinneissa on nykyistä paremmin kyettävät linkittämään tutkimus- ja innovaatiopolitiikat kansallisten ja yhteisötason strategioiden koordinointiin.

¹ TVT = tieto- ja viestintäteknikka.

² M. B. Hall, *The scientific renaissance*, 1450-1630 ISBN 0486281159.

³ GÉANT-verkko tarjoaa jatkuvaluonteisesti tutkijoille maiden rajojen yli monenlaisia palveluja (tällä hetkellä siirtonopeuksilla 40–100 Gbit/s). Palveluja ei vielä ole kaupallisesti saatavilla.

1.3. E-infrastruktuurit politiikkakehyksessä

Kilpailukykyneuvosto⁴ kehotti jäsenvaltioita ”kannustamaan julkisia ja yksityisiä tutkimuslaitoksia hyödyntämään täysin uusia hajautettuja tutkimustoiminnan muotoja (”eScience”), jotka perustuvat kansainvälisiin tutkimusverkostoihin, jotka on voitu kehittää hajautettujen eurooppalaisten infrastruktuurien, kuten GÉANTin ja ns. e-tieteen grid-palvelujen, saatavuuden ja erinomaisen laadun ansiosta”. Tämä korostaa entisestään tarvetta koordinoita politiikkoja.

Tieteen e-infrastruktuurit tukevat merkittävällä tavalla i2010-strategian⁵ tavoitteiden saavuttamista ja visiota eurooppalaisesta tutkimusalueesta ERA:sta⁶. Ne ovat myös keskeisessä asemassa uusien tutkimuslaitteistojen käyttöönotossa, jota käsitellään ESFRI⁷- ja e-IRG⁸-ryhmissä jäsenvaltioiden kanssa.

ERA:n kehityksen tukeminen sai uutta pontta neuvoston Ljubljanan kokouksessa⁹, jossa korostettiin, että uuteen visioon olisi kuuluttava myös tietämyksen vapaa liikkuvuus (ns. ”viides vapaus”), jota voidaan helpottaa erityisesti tuomalla saataville maailmanluokan tutkimusinfrastruktuureja sekä jakamalla ja hyödyntämällä tietämystä eri alojen ja maiden rajojen yli. Ahon raportissa¹⁰ (toukokuu 2008) taas nostetaan esiin e-infrastruktuurien merkitys innovaatioiden kannalta.

i2010 (puoliväliarviointi, toukokuu 2008)

Tieto- ja viestintätekniiikan osuutta Lissabonin tavoitteiden saavuttamisessa tehostetaan edelleen kehittämällä tietoliikenneinfrastruktuureja (kuten GÉANT ja e-tieteen grid-palvelut), jotka auttavat rakentamaan uusia tutkimusympäristöjä tieteen tuottavuuden ja laadun parantamiseksi.

Ahon raportti (toukokuu 2008)

”Nopeiden tietoverkkojen (sähköisen infrastruktuurin) onnistunut kehittäminen on osoittanut EU:n tason tukitoimien merkityksen infrastruktuurin kehittämisessä [...]. Sähköisiä infrastruktuureja koskevaa lähestymistapaa olisi laajennettava kohti sovellus- ja käyttäjälähtöisempiä järjestelmiä [...]” Niitä ”tarvitaan esimerkiksi sähköisessä hallinnossa (erityisesti hankinnoissa), sähköisessä terveydenhuollossa (maiden rajat ylittävät sovellukset), logistiikassa ja liikenteessä [...]”

Raportissa nostetaan esiin ”eurooppalainen lisäarvo, jota voidaan saada rajat ylittävistä infrastruktuureista, yhteentoimivuudesta ja standardeista”. ERINA-tutkimus¹¹ vahvisti e-infrastruktuurien erittäin suuren potentiaalin muillakin aloilla kuin tutkimusalalla, koska ne sujuvoittavat uusien teknologioiden ja palvelujen markkinoilletuloa.

⁴ Kilpailukykyneuvosto, 22.–23. marraskuuta 2007.

(<http://register.consilium.europa.eu/pdf/fi/07/st14/st14865.fi07.pdf>).

⁵ EU-politiikan kehys tietoyhteiskunnan ja viestintien alalla (www.ec.europa.eu/i2010).

⁶ KOM(2007) 161: *Eurooppalainen tutkimusalue: uudet näköalat*.

⁷ Tutkimusalan infrastruktuureja käsittelevä eurooppalainen strategiafoorumi (www.cordis.europa.eu/esfri).

⁸ Tieteen e-infrastruktuurin kehittämistä edistävä mietintäryhmä (www.e-irg.eu).

⁹ Neuvoston kokous Ljubljanassa 2008

(<http://register.consilium.europa.eu/pdf/fi/08/st10/st10231.fi08.pdf>).

¹⁰ Ahon raportti: *Information Society Research and Innovation: Delivering results with sustained impact*, toukokuu 2008

(http://ec.europa.eu/dgs/information_society/evaluation/rtd/fp6_ist_expost/index_en.htm).

¹¹ ERINA-tutkimus (www.erina-study.eu/homepage.asp).

Meneillään oleva rahoituskriisi aiheuttaa paineita valtionbudjeteille. Kuten komissio on hiljattain muistuttanut¹², nyt on kuitenkin tärkeämpää kuin koskaan selvittää innovatiivisia tapoja rahoittaa monenlaisia infrastruktuurihankkeita esimerkiksi liikenteen, energian ja huipputeknologiaa edustavien verkkojen alalla.

2. UUTEEN TIETEEN RENESSANSSIIN E-INFRASTRUKTUURIEN AVULLA

2.1. E-tiede – paradigman muutos

Kun tieto- ja viestintäteknikka otetaan avuksi tieteentekoprosessin kaikissa vaiheissa, tutkijat voivat kustannustehokkaasti tehdä yhteistyötä eri puolilla maailmaa olevien kollegojensa kanssa, ja *in silico* -kokeiden¹³ lisääntyvä käyttö avaa uusia ulottuvuuksia ihmisen ja koneen välisessä yhteistyössä ja tieteellisessä tutkimustoiminnassa. Tähän viitataan siirtymisellä fyysisistä ”märkälaboratorioista”¹⁴ *virtuaalisiin tutkimusympäristöihin* ja se muodostaa e-tiede-paradigmavaihdoksen näkyvimmän osan.

Tietämyksen systematisointi havaintojen ja kokeiden tuella oli määrittävä tekijä renessanssiajan tieteellisessä vallankumouksessa.

Nyt kun voimme skaalata kokeita ennennäkemättömille tasoille hyvin pienten, hyvin suurten ja hyvin monimutkaisten asioiden selvittämiseksi, olemme astumassa tieteen uuteen renessanssiin.

Seuraavassa joitakin esimerkkejä: ilmastonmuutoksen tutkimus edellyttää monimutkaisia tietokonesimulaatioita, joissa hyödynnetään dataa eri puolilla maailmaa sijaitsevista tietokannoista; ihmisen yksilöllinen mallintaminen täsmälääketieteen tarkoituksiin edellyttää yhä tarkempaa mallinnus- ja simulointitekniikkaa; katastrofitilanteiden, kuten ydinonnettomuuksien, pandemioiden, tsunamien jne. jäljittely edellyttää tutkijoilta enemmän kokeita pikemminkin virtuaalimaailmassa kuin kalliissa riskialttiissa reaaliympäristössä.

Kokeiden virtualisoinnin myötä tutkijat eri puolilta maailmaa voivat tehdä yhteistyötä ja

Lääkekehityksen nopeuttaminen

Vuoden 2006 lintuinfluenssakohun aikaan aasialaiset ja eurooppalaiset laboratoriot käyttivät EGEE-verkon¹⁵ avulla 2000:a tietokonetta 300 000 lääkeaineen analysoimiseen neljässä viikossa. Yhdellä tietokoneella sama olisi vienyt 100 vuotta. *In silico* -lääkekartoituksella voidaan siis nopeuttaa uusien lääkkeiden löytämistä ja minimoida tarve tehdä laboratoriopohjaista yritys-erehdys -tutkimustyötä.

Tieteellisen datan tehtaot

CERNin¹⁶ suuri hadronitörmäytin LHC aikaansaa 600 miljoonaa hiukkastörmäystä sekunnissa. Se tuottaa valtavia määriä dataa, joka viedään GÉANT-järjestelmän ja e-tieteen infrastruktuurien avulla 7000 fyysikon saataville 33 maassa.

Jospa kollega olisikin robotti?

Robotit ovat mullistamassa laboratorioskäytänteitä ja vähentämässä työläitä manuaalisia kokeita märkälaboratorioissa. Ne automatisoivat prosesseja ja nopeuttavat tieteellisen tiedon

¹² KOM(2008) 800 lopullinen: *Euroopan talouden elvytyssuunnitelma*.

¹³ *In silico* tarkoittaa ”tietokoneella tai tietokonesimulaatiolla tehtävää”. Vrt. Latinan kielen *in vivo* (jolla viitataan elävissä organismeissa tehtäviin kokeisiin) ja *in vitro* (jolla viitataan elävien organismien ulkopuolella tehtäviin kokeisiin).

¹⁴ Märkälaboratoriolla tarkoitetaan tässä konkreettista laboratoriota, jossa on manuaalisen tieteellisen tutkimuksen edellyttämät putkistot, ilmastointijärjestelmät ja laitteet.

¹⁵ EGEE (*Enabling Grids for E-science*, www.eu-egee.org).

¹⁶ CERN (Euroopan ydinfysiikan tutkimusjärjestö).

jakaa tietoa pitkälle kehittyneiden tutkimusverkkojen ja grid-infrastruktuurien välityksellä. keruuta ja louhintaa, mikä on edellytys kompleksisten ilmiöiden ymmärtämiselle ja uuden tietämyksen luomiselle.

Näillä muutoksilla on mullistava vaikutus eri tieteenaloihin, koska ne laajentavat tieteenalojen tavoitteita ja kohdealaa muille tieteenaloille, mikä johtaa tutkimuksen poikkitieteellistymiseen.

Kilpailukyvyyn säilyttäminen näiden esiin nousevien tieteellisten haasteiden edessä edellyttää tutkimusryhmien ja resurssien yhteistyötä Euroopassa ja eri puolilla maailmaa, valmiutta käyttää ja hallita eksponentiaalisesti kasvavia datavarastoja sekä huipputehokkaiden laskentajärjestelmien käyttöä mallintamisessa ja simuloinnissa.

On saatava laajasti käyttöön kehittyneen tieto- ja viestintäteknikan mahdollistamia uusia tutkimusympäristöjä, joilla voidaan tuloksellisesti täyttää nykyaikaisten tiedeyhteisöjen ennennäkemättömän kovat vaatimukset, jotka liittyvät verkottumiseen, laskentatehoon ja tiedon saatavuuteen.

2.2. E-infrastruktuuria nykypäivän ja huomisen e-tieteelle

E-infrastruktuurit helpottavat uusia tieteellisiä läpimurtoja ja innovaatioita, joten ne ovat olennaisen tärkeä väline, joka tukee kestävään kasvuun ja työllisyyteen liittyviä Lissabonin strategian tavoitteita.

Euroopan komission seitsemännessä tutkimuksen ja teknologian kehittämisen puiteohjelmassa on luotu merkittävää pohjaa e-infrastruktuurien käyttöönotolle. Tavoitteena on paitsi vahvistaa tieteellistä huippuosaamista, myös edistää innovointia ja teollisuuden kilpailukykyä.

Vaikka GÉANT-järjestelmän ja e-tieteen grid-verkkojen alalla onkin saavutettu johtoasema maailmalla, tarvitaan lisää työtä, jotta voidaan turvata Euroopan asema superlaskennassa ja varmistaa johdonmukainen lähestymistapa tieteellisen datan saatavuuteen ja säilyttämiseen.

Laitteistojen suorituskyvyn eksponentiaalinen kasvu (laskentateho kaksinkertaistuu joka 18. kuukausi, tallennustila joka 12. kuukausi ja verkon siirtonopeus joka 9. kuukausi¹⁷) sekä tiedemaailman taholta tulevan kysynnän (pian ollaan eksa-mittakaavassa¹⁸) huima kasvu asettaa uusia vaatimuksia ja haasteita 2020-luvun e-infrastruktuurien suunnittelulle.

Simulointi suuren mittakaavan suunnittelussa

Tietokonesimulaatiot ovat avainasemassa nykyaikaisessa rakennesuunnittelussa. Monimutkaisten rakennelmien, kuten lentokoneiden, autojen ja kämmentietokoneiden, tuotanto edellyttää monimutkaista mallintamista ja simulointia sekä tutkijoiden ja insinöörien yhteistyötä.

E-infrastruktuurien on sisällettävä nykyistä rikkaampi valikoima toimintoja, kuten järjestelmä- ja sovellusohjelmistojen uusia sukupolvia, virtuaalikoneita, palveluntarjonta-alustoja, visualisointityökaluja, semantiikkapohjaisia hakukoneita jne., jotta niistä on apua monitieteisille tutkimusryhmille näiden muuntaessa bittejä, tavuja ja floipseja¹⁹ tieteellisiksi läpimurroiksi ja monimutkaisten insinööriyden tuloksiksi.

¹⁷ Teknologian evoluutiota kuvaavat, yleisesti hyväksytyt lainalaisuudet: Mooren ja Gilderin lait.

¹⁸ Japanissa ja Yhdysvalloissa on käynnisteillä vuoteen 2020 tähtääviä kehitysohjelmia, joissa pyritään eksa-mittakaavan laskentatehoon (1 eksa = 1000 petaa = 1000000 teraa).

¹⁹ FLOPS (*F*loating *P*oint *O*perations *P*er *S*econd) – tietokoneen suorituskykyä kuvaava mittayksikkö.

Nyt on olemassa sekä tarve että mahdollisuus kehittää e-infrastruktuuria edelleen strategisena järjestelmälustana, joka tukee eurooppalaisen tieteen ja innovoinnin johtoasemaa. Tämä edellyttää jäsenvaltioilta, Euroopan komissiolta ja tiedeyhteisöiltä uutta intoa lisätä investointeja e-infrastruktuureihin ja varmistaa kansallisten ja yhteisön tasoisten strategioiden asiamukainen koordinointi ja yhteensovittaminen.

2.3. Uudistettu strategia

Ei voida kuvitellakaan 2020-luvun tutkimusta ilman pitkälle kehittyneiden e-infrastruktuurien intensiivistä hyödyntämistä, joten Euroopan on sitouduttava uuteen strategiaan tähän liittyvien haasteiden ja painopisteiden vuoksi. Strategian ydin muodostuu kolmesta keskeisestä aihealueesta: e-tiede, e-infrastruktuurit ja innovointi.

- Ensimmäisen aihealueen tavoitteena on tehdä Euroopasta e-tieteen huippuosaamisen keskittymä, joka hyödyntää monitieteisyyttä ja maailmanlaajuista yhteistyötä toisiaan täydentävien osaamisalojen ja voimavarojen yhdistämiseksi ja pystyy käyttämään laskentaintensiivisiä simulaatioita. Tätä varten Euroopan on vahvistettava tutkimusvalmiuksia suurteholaskennan alalla.
- Strategian toisella aihealueella pyritään lujittamaan e-infrastruktuurien asemaa pysyväisluonteisena tutkimuksen alustana, jotta voidaan varmistaa tutkimuksen jatkuvuus. Pääpaino on tuotantolaatuisten palvelujen tarjonnassa vuorokauden ympäri viikon jokaisena päivänä sekä e-infrastruktuurien pitkän aikavälin jatkuvuudessa. Tämä edellyttää kansallisten ja EU-tason toimien koordinoitua ja tarvittavien hallintomallien luomista.
- Kolmannella aihealueella keskitytään e-infrastruktuurien innovaatiopotentiaaliin. Erityisosaamisen siirto tieteen ulkopuolelle (esim. sähköinen terveydenhuolto, sähköinen hallinto, verkko-opiskelu) ja e-infrastruktuurien käyttö kustannustehokkaana alustana suuren mittakaavan teknologiakokeiluissa (esim. tulevaisuuden internet, suurteholuokan rinnakkaislaskenta, Living Lab) ovat paneutumisen arvoisia kehitysaloja.

Strategiaa toteutetaan joukolla konkreettisia toimia, jotka kohdentuvat e-infrastruktuurien eri rakenteellisille osa-alueille. Strategian onnistunut toteuttaminen edellyttää kansallisilta ja EU-tason rahoittajilta koordinoitua ja vahvaa sitoutumista.

3. EUROOPPA TIENNÄYTTÄJÄNÄ

3.1. E-infrastruktuurit tällä hetkellä

Tällä hetkellä e-infrastruktuurit jakautuvat viiteen toisiinsa nivoutuvaan osa-alueeseen, jotka tarjoavat monenlaisia toimintoja ja palveluja:

- **GÉANT** on maailman suurin monigigabitinen tietoliikenneverkko, joka on tarkoitettu tutkimus- ja opetuskäyttöön. Euroopassa GÉANT palvelee jo noin 4000 yliopistoa ja tutkimuskeskusta, ja se liittää yhteen 34 kansallista tutkimus- ja koulutusverkkoa. Se on liitetty myös muihin vastaaviin verkkoihin maailmalla ja on siten osa maailmanlaajuista tutkimusverkkoa (Balkanin alue,

Mikä on e-infrastruktuuri?

E-infrastruktuuri on ”ympäristö, jossa voidaan helposti jakaa ja käyttää tutkimusresursseja (laitteistoja, ohjelmistoja ja sisältöä) aina kun se on tarpeen paremman ja tuloksellisemman tutkimuksen edistämiseksi”.

Tällainen ympäristö kokoaa yhteen verkkoja, grid-järjestelmiä ja välitysohjelmistoja,

Mustanmeren ja Välimeren alue, Aasia, eteläinen Afrikka ja Latinalainen Amerikka). GÉANTin johtoasema perustuu vankkaan hallintomalliin, jossa kansalliset tutkimusverkot varmistavat tarvittavan tasaisen hyödyntämisen kansallisella tasolla ja koordinoivat yhdessä yleiseurooppalaisen verkon toteutusta sovittamalla yhteen strategisia ja teknologisia valintojaan ja yhdistämällä taloudellisia resursseja kansallisella ja eurooppalaisella tasolla.

laskentaresursseja, testauslaitteistoja, datavarastoja, työvälineitä ja tutkimusinstrumentteja ja mahdollistaa maailmanlaajuisen virtuaalitutkimusyhteistyön.

Mikä on grid?

Grid on palvelu, jonka avulla tietokoneen laskentakapasiteettia ja tallennuskapasiteettia voidaan jakaa internetin välityksellä. Siinä on kyse paljon enemmän kuin pelkästä tietokoneiden yhteenliittämisestä. Viime kädessä tavoitteena on muodostaa globaalista tietokoneiden verkosta valtava laskentaväline suuria laskenta- ja dataintensiivisiä sovelluksia varten.

- **E-tieteen grid-järjestelmillä** on pyritty vastaamaan laskennallisesti kaikkein vaativimpien tieteenalojen (esim. suurenergiafysiikka, bioinformatiikka) vaatimuksiin, jotta tietokoneiden ja pitkälle kehittyneiden ja usein ainutlaatuisten tutkimusinstrumenttien kapasiteetti saataisiin yhdistettyä ja entistä useampien tutkijoiden ulottuville. EU:n puiteohjelmien tuella Euroopassa on nyt maailman suurimmat monitieteelliset grid-järjestelmät. EGEE hallinnoi monitieteistä grid-palvelua, johon on liitetty yli 80 000 tietokonetta 300:sta eri paikasta 50:ssä maassa eri puolilla maailmaa ja jota käyttää useampi tuhat tutkijaa. DEISA-hanke²⁰ tarjoaa pysyväisluonteisen, tuotantolaatuisen superlaskentaympäristön, joka kattaa koko Euroopan ja liittää yhteen 11 maanosan tehokkainta supertietokonetta.
- **Tieteellisen datan** alalla pyritään vastaamaan nopeutuvaan ja hallitsemattomaan tutkimusdatan lisääntymiseen. Kehityksen jatkuminen hallitsemattomana saattaisi vähentää tieteentekoprosessin tehokkuutta²¹. Tästä syystä on hyvin tärkeää kehittää uusia välineitä ja menetelmiä, joilla voidaan varmistaa näiden ennennäkemättömien datamäärien saatavuus, asianmukainen käsittely ja varastointi. Datavarastojen tilanne on Euroopassa suhteellisen hajanainen, mutta sen pohjalta voidaan kuitenkin laatia johdonmukainen strategia, jolla voidaan vähentää pirstaleisuutta ja luoda tutkimusyhteisöille parempia mahdollisuuksia hallinnoida, käyttää, jakaa ja säilyttää dataa. Eurooppalaisista varoista rahoitetuilla, tieteellisiin datainfrastruktuureihin liittyvillä hankkeilla on yhteinen visio: kaikenlaisten tieteellisten sisältöresurssien (tutkimusraporttien, tieteellisten artikkelien, koe- ja havaintodatan, monimedia-aineistojen jne.) olisi oltava helposti saatavilla käyttäjäystävällisten e-infrastruktuuripalvelujen välityksellä ja hyödynnettävissä tietämyksen jakamista silmällä pitäen.
- **Superlaskennan** e-infrastruktuurit auttavat vastaamaan dataintensiivisiin ja monimutkaisiin tutkimushaasteisiin tarjoamalla nykytieteen käyttöön sen tarvitsemia uusia laskenta- ja simulointivalmiuksia. Jäsenvaltioiden ja tutkimusyhteisön strateginen kiinnostus suurteholaskentaa ja huippuluokan simulointipalveluja kohtaan on johtanut

²⁰ DEISA (*Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications*, www.deisa.eu).

²¹ KOM(2007) 56: *Tieteellinen tieto digitaaliaikana*.

uuden e-infrastruktuurin, PRACE:n luomiseen²². Hanketta on tuettu tutkimuksen seitsemannen puiteohjelman Valmiudet-erityisohjelmasta.

- **Globaalit virtuaalitutkimusyhteisöt**, jotka ennakoivat ns. tutkimus 2.0 -toimintamallien²³ esiinmarssia, ovat avanneet uusia näkökulmia tutkimusyhteisöjen väliseen rajat ylittävään monitieteelliseen yhteistyöhön. Tieteellisen tietämyksen tuottamis- ja jakelukulttuuri on muuttumassa. Muutos tulee synnyttämään globaaleja virtuaalitutkimusyhteisöjä. Eurooppa myötävaikuttaa jo nyt tiedeprosessin innovointiin tuomalla tiedeyhteisöjen käyttöön e-infrastruktuureja käytettäväksi myös maailmanlaajuisesti merkittävien tutkimusongelmien ratkaisemisessa.

3.2. E-infrastruktuurit vuonna 2020 ja siitä eteenpäin

Euroopan vastaus e-tieteen pitkän aikavälin haasteisiin vaatii tehokkaampaa ja koordinoitumpaa lähestymistapaa eurooppalaisiin investointeihin maailmanluokan tieteellisiin infrastruktuureihin. Koska e-infrastruktuurit tarjoavat yhteisiä ratkaisuja käyttäjien erilaisiin tarpeisiin, ne ovat keskeisessä asemassa tieteellisen huippuosaamisen kehittämisen, maailmanlaajuisten tiedekumppanuuksien edistämisen ja huippulaatuisen henkisen pääoman luomisen kannalta. Samalla ne varmistavat toiminnan mittakaavaedut. E-infrastruktuurit ovat julkisia hyödykkeitä, jotka tukevat koulutus-, tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa. Näin ollen on olennaisen tärkeää, että julkinen valta osallistuu aktiivisesti painopisteiden ja strategioiden määrittelyyn.

GÉANTin ainutlaatuinen kyky mahdollistaa rajoja murtava tutkimusyhteistyö nopeiden tietoliikenneyhteyksien ja kehittyneiden palvelujen avulla on yksi Euroopan näkyvimmistä menestystarinoista. Jotta Eurooppa voisi jatkaa ylväitä perinteitään innovoinnin ja tieteellisten keksintöjen saralla myös vuoden 2020 jälkeen, GÉANTia on kehitettävä sen erinomaisen nykyisen suorituskyvyn pohjalta vielä edelleen kohti eksa-mittakaavaa ja osallistuttava sitä kautta tulevaisuuden internetin rakenteen muovaamiseen.

Toistaiseksi **e-tieteen grid-palvelujen** jatkuvuus on lähinnä kiinni kansallisten ja yhteisön ohjelmien rahoituksella yhteistyötä tekevien tieteellisten käyttäjäyhteisöjen taholta tulevasta vahvasta kysynnästä. Tässä on riskinä toiminnan keskeytyminen, eikä tilanne ole omiaan tukemaan grid-palvelujen täysimääräistä hyödyntämistä.

Kansalliset grid-aloitteet

Kansallisten grid-aloitteiden julkisen palvelun tehtävänä on koota kansallisesti yhteen rahoitusta grid-pohjaisten palvelujen tarjontaa varten. Ne tarjoavat kansallisille tutkimusyhteisöille ”yhden luukun periaatteella” tavallisimpia grid-pohjaisia palveluja.

Projektiluonteiset, lyhyet teknologian kehitysykkilit saattavat haitata grid-infrastruktuurien yhteentoimivuutta ja estää näin monitieteellistä yhteistyötä ja mittakaavaetujen saavuttamista. EGEE- ja DEISA-hankkeissa on jo päästy pitkälle tieteenalojen yhdistelyssä ja strategioiden koordinoinnissa. Pitkän aikavälin jatkuvuuden turvaamiseksi näiden pyrkimysten on kehityttävä todella yleiseurooppalaisiksi organisoitumalleiksi, jotka avaavat e-infrastruktuurit kaikille tieteenaloille ja täydentävät e-tiedettä tukevia kansallisia rahoitusstrategioita. Syntymässä on useita **kansallisia grid-aloitteita**, joissa pyritään koordinoitusti ja kustannustehokkaasti vastaamaan tieteenalojen tietoteknisten resurssien tarpeeseen.

Tieteellisen datan e-infrastruktuurien

Dataa, dataa, enemmän dataa...

²² PRACE (*Partnership for Advanced Computing in Europe*, www.prace-project.eu).

²³ Tutkimus 2.0 -käsitteellä tarkoitetaan Web 2.0 -teknologian hyödyntämistä luovuuden, tiedonvaihdon ja yhteistyön lisäämiseksi tutkimuksessa.

tavoitteena on luoda eurooppalaisten digitaalivarastojen ekosysteemi, joka yhdistää kansalliset ja tieteenalakohtaiset varastot lisäarvoa tuottavalla tavalla ja vastaa jäsenvaltioiden tarpeeseen saada tieteellinen tieto paremmin käyttöön.

Bioinformatiikan tietovarastot kasvavat eksponentiaalisesti. Vuoteen 2012 mennessä yksittäiseen tietovarastoon vuosittain lisättävän tiedon määrä kasvaa 4 petatavuun/vuosi, mikä vastaa 10 kilometrin korkuista pinoa CD-levyjä.

Hyvin dataintensiivisen tutkimuksen (ns. ”big data science”) esiinnousulla on globaalia ulottuvuutta²⁴, koska se heijastaa sitä lisääntyvää merkitystä, joka jalostamattomalla koe- ja havaintodatalta on käytännöllisesti katsoen kaikilla tieteen osa-alueilla (humanistiset tieteet, biodiversiteetti, suurenergiafysiikka, astronomia jne.). Euroopan on kiinnitettävä erityistä huomiota keskeisten datakokoelmien saatavuuteen, laadunvarmistukseen ja säilyttämiseen. Esimerkiksi eurooppalaisen ympäristöpolitiikan tukena on INSPIRE-direktiivi²⁵, jolla on tarkoitus luoda paikkatietopalveluja keskitetysti tarjoava yhteiseurooppalainen paikkatietoinfrastruktuuri. Digitaalisen datan varastoinnin suhteen hyvin heterogeenisessä tilanteessa, jossa vain 28:aa prosenttia tutkimustuotoksista hallinnoidaan digitaalisissa varastoissa²⁶, tarvitaan uutta strategiaa tieteellisen tiedon hallinnointia ja siihen liittyviä periaatteita varten. Perustana on käytettävä tutkimusalan keskeisten toimijoiden (esim. EMBL, ESA, ECMWF, CERN²⁷) sekä korkeakoululaitoksen ja kirjastojen jo kartoittamia ratkaisuja.

Superlaskenta on määritelty keskeiseksi painopistealaksi Euroopan tieteen suorituskyvyn parantamisessa. Tämä edellyttää uutta strategiaa, joka koskee elinkeinoelämän osallistumista ja julkisen sektorin rahoituksen koordinoitua²⁸. Superlaskentaan liittyviä strategisia, poliittisia, teknisiä, rahoituksellisia ja hallinnollisia kysymyksiä tarkastellaan PRACE-hankkeessa, jossa on luotu nostetta merkittävien kansallisten varojen kokoamiseksi, jotta Euroopassa saataisiin käyttöön peta-mittaluokan tietokoneiden ekosysteemi, tavoitteena eksaluokan suorituskyky vuoteen 2020 mennessä.

Jotta Euroopassa voitaisiin tehokkaasti tukea e-tiedettä ja luoda etumatkaa **globaaleissa virtuaalitutkimusyhteisöissä**, on edelleen kehitettävä maailmanluokan e-infrastruktuureja, jotka pystyvät tukemaan uusia osallistavia tieteentekotapoja. Tämä tarjoaa ainutlaatuisen mahdollisuuden vahvistaa eurooppalaisen tutkimuksen roolia muuttuvassa globaalissa kontekstissa.

Jotta maailmanlaajuisesta tieteellisestä yhteistyöstä saataisiin kaikki hyöty irti, on kiinnitettävä huomiota tiettyihin seikkoihin. Nämä liittyvät eri tieteenalojen kulttuurien välisiin törmäyksiin, organisointitapojen uudelleentarkastelun tarpeeseen ja laadunvarmistusmekanismien ja liiketoimintamallien laatimiseen.

Tarvitaan myös e-infrastruktuurien teknologista kehittämistä koskevia uusia strategioita, jotta ratkaisut olisi kestäviä ja perustuisivat avoimiin standardeihin, niitä voitaisiin ylläpitää ja

²⁴ Yhdysvaltain kansallisen tiedesäätiön DataNet-ohjelma (<http://www.nsf.gov/pubs/2008/nsf08021/nsf08021.jsp>).

²⁵ Direktiivi 2007/2/EY Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta.

²⁶ *Investigative Study of Standards for Digital Repositories and Related Services*, DRIVER (<http://dare.uva.nl/document/93727>).

²⁷ EMBL (Euroopan molekyylibiologian laboratorio), ESA (Euroopan avaruusjärjestö), ECMWF (Euroopan keskipitkien sääennusteiden keskus), CERN (Euroopan ydinfysiikan tutkimusjärjestö).

²⁸ Eurooppa on ollut aliedustettuna suurteholaskennan trendejä mittaavissa selvityksissä (<http://www.top500.org/>).

kehittää edelleen pitkällä aikavälillä ja ne tuottaisivat lisäarvoa investoinneille tutkimuslaitteistoihin, suuriin ja/tai ainutlaatuisiin tutkimusinstrumentteihin jne.

4. EUROOPPALAISET TOIMET

Uudistetun strategian onnistunut toteutus riippuu sarjasta konkreettisia toimenpiteitä, jotka liittyvät eurooppalaisten e-infrastruktuurien eri osa-alueisiin ja synergioiden luomiseen niiden välillä.

4.1. GÉANTin maailmanlaajuisen johtoaseman lujittaminen

GÉANTin on tiiviissä yhteistyössä kansallisten tutkimusverkkojen kanssa jatkossakin tarjottava tutkijoille, opettajille ja opiskelijoille pysyväisluonteisesti huippuluokan yhteyksiä, mutta paljon nykyistä paremmalla suorituskykytasolla, jotta hajautettujen resurssien ja laitteistojen käytön esteitä saataisiin madallettua. GÉANTin globaalia ulottuvuutta on vahvistettava kattamaan sekä kehittyneet että kehittyvät alueet²⁹.

GÉANTissa on otettava huomioon myös verkkoteknologian viimeisimmät kehityssuuntaukset ja tuettava kokeiluja uusilla ratkaisulla, jotka tulevat johtamaan tulevaisuuden internetiin³⁰.

Jäsenvaltioita pyydetään vahvistamaan tutkimus- ja koulutusverkkoihin liittyvien kansallisten ja Euroopan tason politiikkojen koordinoitua.

Jäsenvaltioita ja tutkimusyhteisöjä pyydetään tukemaan ja käyttämään GÉANTia koealustana, joka vie kehitystä kohti tulevaisuuden internetiä.

Komissio jatkaa GÉANTin tukemista seitsemännessä puiteohjelmassa ja kansainvälisessä yhteistyössä vahvistaakseen sen valmiuksia ja globaalia ulottuvuutta.

4.2. E-tieteen grid-palvelujen jäsentäminen

Tulevaisuuden eurooppalaisissa e-tieteen grid-palveluissa olisi hyödynnettävä nykyisten aloitteiden onnistumisia, pyrittävä vastaamaan eri tieteenalojen yhteisiin tarpeisiin ja tähdättävä palvelujen laajempaan omaksumiseen teollisuuden piirissä.

Pitkän aikavälin jatkuvuuden turvaamiseksi hallintomallin on kuitenkin kehityttävä esiin nousemassa olevien kansallisten grid-aloitteiden pohjalta kohti yleiseurooppalaista mallia.

Jäsenvaltioita pyydetään vakiinnuttamaan ja kehittämään edelleen kansallisia grid-aloitteita uudistetun eurooppalaisen strategian pohjaksi.

Komissio tukee siirtymistä eurooppalaisten e-tieteen grid-palvelujen hallintomalliin sekä niiden tehokasta hyödyntämistä monenlaisilla tutkimusaloilla. Lisäksi se pyrkii varmistamaan globaalien grid-palvelujen teknisen yhteentoimivuuden.

4.3. Tieteellisen tiedon saatavuuden parantaminen

Eurooppalaisissa ja kansallisissa e-infrastruktuureissa on otettava huomioon datakeskeisen tieteen myötä esiin nousevat uudet haasteet. Tätä varten Euroopan on luotava johdonmukainen ja hallittu tieteellisen tiedon varastojen ekosysteemi. Euroopassa on laadittava yhdenmukaiset periaatteet tieteellisen tiedon saatavuuden parantamiseksi

²⁹ Perustana voidaan käyttää erilaisia pääosastojen RELEX, DEV ja AIDCO tukemia aloitteita, kuten ALICE (<http://alice.dante.net>), EUMEDconnect (www.eumedconnect.net), TEIN2 (www.tein2.net).

³⁰ Tukemalla asiaan liittyviä hankkeita, kuten esimerkiksi FIRE-hanketta (*Future Internet Research & Experimentation*): (<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/>).

(käyttämällä pohjana esimerkiksi ESFRIn tieteellisestä datasta laatiman lausunnon linjauksia, komission tiedonantoa *Tieteellinen tieto digitaaliaikana: tiedon saatavuus, levittäminen ja säilyttäminen*³¹ sekä vuonna 2008 käynnistettyä seitsemännen puiteohjelman *Open Access*-pilottihanketta³²).

Jäsenvaltioita ja tiedeyhteisöjä pyydetään lisäämään investointeja tieteellisen datan infrastruktuureihin ja edistämään tiedonvaihtoa parhaista toimintatavoista.

Komissio vahvistaa seitsemännessä puiteohjelmassa katalyyttisiä investointeja tieteellisen datan infrastruktuuriin tukeakseen saatavuuteen ja säilyttämiseen liittyvien periaatteiden kehittämistä.

4.4. Uuden sukupolven superlaskentalaitteistot

ESFRIn laatiman etenemissuunnitelman³³ mukaisesti Euroopan on otettava käyttöön uusi laskentaresurssien ekosysteemi, jotta päästään petaflops -luokan suorituskykyyn vuoteen 2010 mennessä ja eksa-luokan laskentaan vuonna 2020. Tämä edellyttää, että erityishuomiota kiinnitetään ohjelmistojen ja simulointimallien kehittämiseen ja uudistamiseen, jotta uusien sukupolvien supertietokoneiden teho saadaan hyödynnettyä. Lisäksi on lisättävä tarvittavan laitteisto- ja ohjelmistoteknologian, kuten kehittyneiden komponenttien ja järjestelmien, järjestelmä- ja sovellusohjelmistojen sekä mallinnus- ja simulointitekniikoiden, tutkimusta ja kehitystä sekä arvoketjun alku- että loppupäässä.

Näiden uusien tutkimusvalmiuksien luomiseksi, hallitsemiseksi ja hyödyntämiseksi Euroopan on kehitettävä uusia organisatorisia rakenteita PRACE-hankkeen uraa uurtavan työn pohjalta. Lisäksi on hyödynnettävä julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyökumppanuuksien ja esikaupallisten julkisten hankintojen³⁴ tarjoamia mahdollisuuksia lisätä investointeja tällä strategisesti tärkeällä alalla.

Superlaskentaan tehtävillä eurooppalaisilla investoinneilla olisi tätä varten oltava selkeä teollinen vaikutus.

Jäsenvaltioita pyydetään lisäämään ja yhdistämään investointeja PRACE-hankkeen tueksi ja siihen liittyvillä tutkimusaloilla tiiviissä yhteistyössä komission kanssa.

Komissio ryhtyy toimiin superlaskentaa koskevan kunnianhimoisen strategisen toimenpidekokonaisuuden määrittelemiseksi ja tukemiseksi. Aihepiiri ulottuu komponenteista ja järjestelmistä aina tarvittaviin ohjelmistoihin ja palveluihin saakka.

4.5. Globaalien virtuaalitutkimusyhteisöjen isännöinti

Euroopan on e-infrastruktuurien avulla hyödynnettävä monitieteisen tutkimuksen suuri innovaatiopotentiaali ja autettava tutkijoitaan hyötymään niiden suomista eduista. Sen on myös varmistettava, että tieteenalat ovat rakenteeltaan ja organisaatioltaan sellaisia, että ne pystyvät täysin hyötymään e-infrastruktuurien tarjoamista palveluista. Tämä edellyttää lisäpanostusta koulutukseen, jotta tutkijat pystyvät käyttämään e-infrastruktuureja optimaalisella tavalla.

³¹ KOM(2007) 56: *Tieteellinen tieto digitaaliaikana: tiedon saatavuus, levittäminen ja säilyttäminen*.

³² http://ec.europa.eu/research/science-society/open_access.

³³ ESFRIn etenemissuunnitelmassa kartoitetaan uusia tutkimusinfrastruktuureja, joita tarvitaan Euroopan tutkimusyhteisöjen pitkän aikavälin tarpeisiin vastaamiseksi (www.cordis.europa.eu/esfri/roadmap.htm).

³⁴ KOM(2007) 799: *Esikaupalliset hankinnat: innovoinnin edistäminen kestävien ja korkealaatuisten julkisten palvelujen varmistamiseksi Euroopassa*.

Jäsenvaltioiden ja Euroopan komission on varmistettava, että tulevat investoinnit tutkimuslaitteistoihin suunnitellaan niin, että niissä hyödynnetään e-infrastruktuureja täysimääräisesti.

Jäsenvaltioita ja tutkimusyhteisöjä pyydetään omaksumaan e-infrastruktuureihin perustuva toimintamalli ja hyödyntämään jatkossakin e-infrastruktuurien tarjoamia mahdollisuuksia.

Komissio vahvistaa seitsemännessä puiteohjelmassa integrointitoimiaan, joilla se pyrkii edistämään vahvempien eurooppalaisten tutkimusyhteisöjen syntyä ja kannustamaan niitä jakamaan keskenään ohjelmistoja, dataa ja tietoa parhaista toimintatavoista.

5. PÄÄTELMÄT

Euroopan on erittäin tärkeää tukea tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa, jotta se pystyy vastaamaan seuraavien 10–15 vuoden aikana eteen tuleviin valtaviin haasteisiin. Tieteenteon tavat tulevat muuttumaan merkittävästi. Tutkijat joutuvat ratkomaan ennennäkemättömän monimutkaisia ongelmia pyrkiessään vastaamaan tieteellisiin haasteisiin, joilla on maailmanlaajuisia yhteiskunnallisia vaikutuksia. Eri tieteenalojen osaamisen yhdistäminen tulee olemaan keskeisessä asemassa.

E-infrastruktuurit tarjoavat perustan laskentaintensiivisille sovelluksille ja mahdollistavat yhteistyön, jossa hyödynnetään tietämystä tieteen eri osa-alueilta. GÉANTin kaltaisten hyvin hajautettujen verkkoympäristöjen käytön myötä syntyy uusia organisointitapoja, kuten maailmanlaajuisia virtuaaliorganisaatioita.

Jäsenvaltioiden, Euroopan komission ja asianomaisten tiedeyhteisöjen toimintaa vahvistamalla ja koordinoimalla voidaan nopeuttaa e-infrastruktuurien käyttöönottoa sekä lisätä niiden kapasiteettia ja toiminnallisuutta moninkertaiseksi.

Uudistettu strategia, jolla pyritään saavuttamaan johtoasema e-tieteessä, kehittämään maailmanluokan e-infrastruktuureja ja hyödyntämään tutkimuksen innovaatiopotentiaali, on keskeisellä sijalla tehtäessä Euroopasta tieteellisen huippuosaamisen keskittymää ja todella globaalisti toimivaa tutkimuskumppania.