

Tieteen infrastruktuurit – näkymättömiä tukirakenteita, kansallisia kilpailuvaltteja vai uuden tutkimusvision mahdollistajia?

■ Helena Karasti, Nina Janasik ja Sanna Talja

E-tiedekaudessa on kyse digitaalisille aineistoille, jaetuille teknisille resursseille sekä hajautetuille vuorovaikutusmuodoille rakentuvasta tutkimuksen informaatio- ja yhteistoimintainfrastruktuurista. Ilmiöstä puhutaan monilla nimillä: e-tiede, e-tutkimus, e-infrastruktuuri, kyberinfrastruktuuri, tiede 2.0 ja tutkimusinfrastruktuuri. Siihen liitetään usein visio tieteentekemisen paradigmanmuutoksesta (Atkins ym. 2003), jossa luodaan sekä uusia tieteentekemisen tapoja, kuten tutkimusaineistojen jakaminen ja virtuaalinen tutkimusyhteistyö, että aivan uudenlaisia tutkimusaloja, kuten laskennalliset ja/tai data-intensiiviset alat. Ajankohtaiset laajat ja monimutkaiset yhteiskunnalliset ongelma-alueet, mukaan lukien ilmastonmuutos ja globaalitalous, ovat nostaneet esille e-tieteen merkityksen tutkimuksen tekemisen ja tieteellisen yhteistyön mahdollistajina. E-tiedekauden infrastruktuurien tutkimukseen ja kehitykseen on panostettu useissa maissa laajojen suurirahoitteisten e-tiedeohjelmien kautta, mm. Cyberinfrastructure Yhdysvalloissa, e-Science ja e-Social Science Isonsa-Britanniassa sekä e-Research Australiassa.

Luonnontieteellisillä ja teknisillä aloilla, joissa e-tiede on saanut alkunsa, esimerkiksi hiukkasfysiikassa, tähtitieteessä ja bioinformatiikassa, jaetut infrastruktuuriresurssit koostuvat kalliista tutkimusinstrumenteista, raskaasta laskentakapasiteetista, erikoistuneista ohjelmistoista ja suurista tietomassoista. Ilmiön levittyä sosiaaliteieteisiin ja humanistisiin tieteisiin puhutaan usein e-tutkimuksesta, jossa korostuvat moninaiset digitaaliset informaatiovarannot – tieto-

kannat, arkistot ja kokoelmat – sekä digitaalisiin aineistoihin nojaava ja kohdistuva tutkimus (Unsworth ym. 2006). Tiede 2.0-termillä puolestaan korostetaan, että tutkimusta tehdään yhä enemmän hajautetun yhteistyön kautta käyttäen hyväksi digitaalisia tieto-, viestintä- ja yhteistyöinfrastruktuureja, kuten internetiä, sosiaalista mediaa ja virtuaalisia tutkimusympäristöjä (Hunsinger ym. 2010).

Suomalaiset ovat pitkään osallistuneet aktiivisesti kansainvälisiin tieteellisiin yhteistyöhankkeisiin ja hyödyntäneet niiden tutkimusinfrastruktuureja, mutta kansallisesti tutkimusinfrastruktuureihin on panostettu vähän (Suomen tieteen tila ja taso 2009). E-tieteen mukanaantuomien uusien haasteiden ja mahdollisuuksien selvitys on alkanut vasta hiljattain (Opetusministeriön työryhmän muistiot ja selvitykset 2007:7, 2007:23, 2007:36¹). Euroopan tutkimusinfrastruktuuristrategiafoorumin (ESFRI) kannustamana opetusministeriö teetti kansallisia tutkimusinfrastruktuureja koskevan kartoituksen ja tiekartan vuonna 2008. Tiekartalla on tunnistettu 20 keskeistä hanketta ja raportissa todetaan, että tutkimusinfrastruktuuripolitiikan tulee olla kiinteä osa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa Suomen kansainvälisen tieteellisen kilpailukyvyn säilyttämiseksi. (Opetusministeriö 2009.) Tällä hetkellä tutkimusinfrastruktuuripolitiikan edistämistä hankaloittaa

1 Raportit saatavilla Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuhaun kautta osoitteessa <http://www.minedu.fi/OPM/Julkaisut/julkaisuhaku?lang=fi>.

se, että siihen keskittyvä kansallinen toimielin puuttuu Suomesta, eikä merkittävää lisärahoitusta ole järjestynyt. Tämä vaikeuttaa sekä kansallista tutkimusinfrastruktuurien kehittämistä että suomalaisten osallistumista laajoihin kansainvälisiin yhteistyöhankkeisiin ja tutkimusinfrastruktuureihin.

Teknisiä ja tutkimushallinnollisia näkökulmia e-tieteeseen täydentää ja laajentaa tieteen- ja teknologiantutkimuksen piirissä muotoutumassa oleva tieteen infrastruktuurien tutkimusalue (esim. Halfpenny & Procter 2009; Bowker ym. 2010, Ribes & Lee 2010). Sen pyrkimyksenä on analysoida tieteentekemisen käytäntöjen muutoksia sekä tehdä näkyväksi teknisten, sosiaalisten ja kulttuuristen aspektien yhteenkietoutuminen infrastruktuurien kehittämisessä. Kyberinfrastruktuuri voidaan määrittellä organisaation käytänteiden, teknisen infrastruktuurin ja sosiaalisten normien muodostamaksi kokonaisuudeksi, jonka tarkoituksena on mahdollistaa sujuva, institutionaaliset rajat ylittävä hajautettu tieteellinen työskentely (Edwards ym. 2007). Alalla on Starin ja Ruhlederin urauurtavasta tutkimuksesta lähtien ollut trendinä tieteen ja teknologian tutkimuksen yhdistäminen infrastruktuurien kehittämiseen (Star & Ruhleder 1996). Tästä näkökulmasta tieteen infrastruktuureja tarkasteltiin myös 17.–18.8.2010 *Aalto Event on Science and Technology in Society* -tapahtuman yhteydessä järjestetyssä ”Tieteen infrastruktuurit” -teemaryhmän tutkijatyöpajassa, johon tämä katsaus perustuu. E-tieteen kansallisia tutkimushankkeita kartoitettavaa ja tämän päivän polttaviin kysymyksiin keskittyvää työpajaa veti professori Reijo Miettinen Helsingin yliopiston Toiminnan teorian ja kehittävän työntutkimuksen yksiköstä ja siihen osallistui 20 tutkijaa eri tutkimusaloilta.

Mistä tieteen infrastruktuureissa on kyse?

Professori Miettinen avasi tapahtuman luonnehtimalla, millaiselta tieteen infrastruktuurit näyttävät tieteen- ja teknologiantutkimuksen (*Science and Technology Studies*, STS) tradition näkökulmasta (ks. esim. Talja 2010). Ottaen

esimerkikseen biologiset tieteet hän luonnehti muutosta siirtymänä yksittäisiin laboratorioihin kohdistuvasta tutkimuksesta (*laboratory studies*, ks. esim. Latour & Woolgar 1979) laajempiin laitteistojen ja aineistojen jakamiseen tarkoitettujen materiaalien ja sosiaalisten alustojen (*platform*, Keating & Cambrosio 2003) tutkimukseen. Analyysiyksikkönä ei näin ollen enää ole yksittäinen tutkimusryhmä tai laboratorio vaan nimenomaan organisaatioiden rajat ylittävä monitasoinen alusta, jossa jaetaan laitteistojen ohella dataa ja luodaan samalla tutkimuksen tekoa sääteleviä yhteisiä normeja. Biologisissa tieteissä on käynnissä paradigmanmuutos, jossa alustat sekä digitaalisten aineistojen ja tietokantojen jakaminen vaikuttavat olennaisesti siihen, miten biotieteiden sisältö sekä niiden kielet ja rakenteet kehittyvät. Miettisen mukaan biologisten tieteiden paradigmanmuutos kuvastaa yleisemminkin sitä, että tieteen käytännöt muuttuvat nopeammin kuin niitä koskeva kuvaus, tutkimus ja ymmärrys.

Tieteen kehityksen ja tiedettä koskevan ymmärryksen välinen epäsuhta muodostuikin yhdeksi tutkijasesion keskeiseksi pohdinnan kohteeksi. Keskusteluissa nousi esiin tarve ymmärtää, millaisesta ilmiökentästä uusissa tieteen organisoitumisen muodoissa on kyse, sekä tarve määrittellä ”tieteen infrastruktuurit” -termi riittävän laajasti. Tieteellisen työn käytäntöjen muutokset ja infrastruktuurien rakentaminen toimivat vuorovaikutteisesti. Infrastruktuurien ylläpidon ja käytön prosessit ovat vasta hahmottumassa ja erilaisten monimuotoisten elementtien yhteisvaikutuksella voi olla hyvinkin suuria, transformationaalisia vaikutuksia tutkimuksen tekemiseen. Seuraavassa luonnehditaan keskusteluissa esiin nousseita tieteen infrastruktuurien tutkimuksen ja kehittämisen keskeisiä ongelmapiisteitä.

Teema 1. Globaalin ja paikallisen välinen jännite

Tieteen- ja teknologiantutkimuksen näkökulmasta on tärkeää ulottaa tieteen infrastruktuurien tutkimus käsittelemään niin paikallista (tutkimusryhmä, laboratorio), kansallista, kansainvälistä kuin maailmanlaajuistakin tasoa

sekä tasojen välisiä dynaamisia suhteita. Tieteen infrastruktuurien rakentaminen ja laaja-alaisen kansainvälisen tutkimusyhteistyön mahdollistaminen vaatii käytännössä tieteen käytäntöjen harmonisointia ja yhteisesti sovittujen ratkaisujen (esim. nomenklatuurit ja standardit) toteuttamista paikallisella tasolla. Jännitteeksi globaali–paikallinen-suhde muodostuu sitä kautta, että yleismaailmallisten standardien kautta menetetään aina jotain paikallisen tason erityispiirteistä sekä rikkaasta moninaisuudesta. Toisaalta täysin paikallisella tasolla ei voida pysyä, sillä silloin ei olisi tiedeyhteisöjä. Paikalliset erityistarpeet ja -intressit voitaisiin ottaa huomioon mahdollistamalla jossain määrin esimerkiksi luokitusten sopeuttaminen paikallisiin olosuhteisiin. Käytännössä sopimistyössä pitää nähdä, että nomenklatuurit ja standardit muotoutuvat koko ajan, joten niissä pitää pystyä ottamaan huomioon muutoksia.

Teema 2. Tutkimusinfrastruktuurit ja tieteidenvälisyys

Toinen keskeinen teema on tutkimusinfrastruktuurien sekä monitieteisen tai tieteidenvälisen tutkimuksen välinen suhde. Jokainen tieteenala kuvaa, järjestää ja luokittelee tieteellistä maailmaa omien ilmiökenttensä ”suosikkiobjektien” näkökulmasta. Esimerkiksi biodiversiteettitutkimuksessa tiedon objektit poikkeavat suuresti lajien, ekosysteemien, geneettisen ja molekylaarisen diversiteetin tutkimusalojen välillä. Näillä tietämisen kohteilla on myös paikallinen organisaationaaliset historiansa, jolloin ne ovat vain osittain muotoiltuja vuorovaikutuksessa toisten organisaatioiden tai toisten tieteenalojen kanssa. Haasteeksi muodostuukin näiden perustavanlaatuisesti erilaisten, tutkimusinfrastruktuureihin syvästi ankkuroituneiden ”osittaisten objektien” yhteensovittaminen toteutettavissa oleviin tutkimuskokonaisuuksiin (ks. esim. Bowker 2006; ks. myös Bruun ym. 2005). On olemassa selkeä tarve yhdistää olemassa oleva tietämys tieteidenvälisen tutkimusyhteistyön haasteista tutkimusinfrastruktuurien kehittämiseen tavalla, joka rikastaisi molempia.

Teema 3. Tieteen representaatiot

Kansainvälisistä e-tiede- ja kyberinfrastruktuuriohjelmista saatujen kokemusten pohjalta on huomattu, että kaikki aloittavat puhumalla datasta: datavarannoista, -keskuksista, datan uudelleenkäytöstä. Datan erilaisuuksien hallinta ja heterogeenisten elementtien integrointi toimiviksi kokonaisuuksiksi on kuitenkin haastavaa (ks. esim. Ribes & Lee 2010) ja edellyttää tiedon representaatioiden yhdenmukaistamisen riskien ja mahdollisuuksien kartoittamista. Metadatan eli dataa kuvailevan datan luonne, toisaalta kontekstuaalisia tekijöitä hävittävä ja tiedon representaatioita yhdenmukaistavana sekä toisaalta kommunikaatiota ja tieteidenvälisestä tutkimuksesta mahdollistavana välineenä, oli kolmas keskeinen tutkijatyöpöjan keskusteluisa esiinnoussut teema. Kun tietotekninen infrastruktuuri osaltaan pakottaa omaksumaan tietynlaisia tapoja työstää dataa ja lähestyä asioita, tämä ei aina välttämättä tue sellaista moninäkökulmaisuuksia, jota monitieteisessä yhteistyössä tavoitellaan ja tarvitaan. Standardien kyky ottaa huomioon datan ja sille asetettujen kysymysten moninaisuus ja kontekstisidonnaisuus on rajallinen.

Teema 4. Avoimuus ja kilpailullisuus

Tutkimusdatan avoimen saatavuuden ja erilaisista suojelutarpeista (intellektuaalinen pääoma, kaupalliset sovellukset) tai kilpailukulttuurista (akateeminen meritoituminen, kaupallinen toiminta) kumpuavan tutkimusdatan salaamisen välillä on jännite. Tämä problematiikka tulisi ottaa huomioon infrastruktuuriratkaisuja suunniteltaessa, sillä tiedonjakamisen käytänteet vaihtelevat niin maantieteellisesti kuin tieteenalakohtaisestikin. Datan jakaminen ja yhteiskäytettävyys on e-tieteen keskeinen tavoite, mutta toisaalta esimerkiksi sitä, kuinka tutkijat uudelleenkäyttävät olemassa olevaa dataa, on tutkittu tuskin lainkaan. Vaikka avoimuus ja tutkimusaineistojen jakaminen nähdään yhä tärkeämmäksi ja yleisen hyvän edistämisen kannalta keskeiseksi asiaksi tieteessä, tutkijoille voi joissain tapauksissa olla urakehityksensä kannalta vaarallista jakaa aineistonsa liian aikaisessa vai-

heessa. Tarvitaan siis huomattavasti syvempää ymmärrystä siitä, kuinka tutkijat käyttävät, jaksavat, uudelleenkäyttävät tai mahdollisesti ohittavat olemassa olevaa dataa. Näitä prosesseja pitäisi kuvata tapaus- ja tieteenalakohtaisesti.

Teema 5. Osallistumisen paradigmat

Tiedettä on totuttu ajattelemaan epävarmuuden vähentämiseen tähtäävänä toimintana, kun taas käytännössä tieteellinen tutkimustoiminta hahmottuu paljon juuri epävarmuuksien kanssa työskentelynä. Tätä taustaa vasten keskeinen edellytys tutkimusaineistojen avoimelle ja julkiselle jakamiselle on tiedettä koskevan yleisen ymmärryksen muuttaminen. Mitä erilaisten yhteisöjen osallistuminen tieteentekemiseen voisi merkitä? Erityyppiset tiedonkeruun menetelmät taustafilosofioineen vaikuttavat huomattavasti lopputuloksiin sekä siihen, millaisia asioita tutkimuksissa nousee esille. Tärkeä tutkimusaihe olisikin, mitä tieteellisen tiedon yhteistuo- tinto ja erilaisten tietämisen tapojen huomioon- ottaminen merkitsi tieteen infrastruktuurien kehittämisen kontekstissa. Johtoajatuksena voisi olla tieteen prosessien avaaminen näkyviksi siten, ettei epävarmuus enää näyttäytyisi ongelmana tai virhelähteenä, vaan oleellisena osana tieteen tekemistä ja tieteellisiä tutkimustuloksia. Osallistumisparadigmojen vaikutus tiedettä koskevien käsitysten rakentumiseen on yksi esimerkki tarpeesta ja mahdollisuudesta kehittää ja muuttaa tavoitteellisesti tutkimuksen käytäntöjä infrastruktuurikehityksen rinnalla.

Teema 6. Infrastruktuurien pitkäaikaisuus

E-tieteen oleellisena osana nähty automatisoitu datan kerääminen sekä datan generointi yhä yksityiskohtaisempana ja tiheämpänä reaaliaikaisena datana voi tuoda mukanaan suuriakin muutoksia siihen, millainen data ja millaiset tutkimuskysymykset jatkossa nähdään relevantteina. Toisaalta infrastruktuurit ovat luonteenomaisesti pitkäaikaisia: useita vuosikymmeniä, jopa vuosisatoja (Edwards ym. 2007). Tämä suhteellinen pysyvyys sisältyy infrastruktuurin käsitteeseen ja pitkäaikaisuutta voidaan pitää kyberinfrastruktuurien suurena mahdollisuute-

na. Infrastruktuurit parantavat mahdollisuuksia räätälöidä tutkimusprojekteja aikajänteeltään erilaisiin tutkimusongelmiin, ja erityisesti ne lisäävät mahdollisuuksia tutkia ongelmia pitkäaikaisesti, vaikkapa 50 vuoden jaksoissa tai 100 vuoden aikajanelloilla. Pitkän aikavälin ongelmia on aiemmin pystytty ratkomaan huonoiten, koska tutkimuskysymykset on yleensä muotoiltu siten, että niihin saadaan vastauksia tyypillisen tutkimushankkeen 3–5 vuoden tai pisimmillään tutkijauran eli noin 30 vuoden aikana. Kyberinfrastruktuurit mahdollistavat tutkimuksen aika- horisontin pidentymisen ja uudenlaisen vision tutkimuksesta *jatkuvana* ilmiönä. Keskeiseksi e-tiedekauden haasteeksi muodostuukin se, kuinka ajatella ja suunnitella tieteentekemistä projektien ja tutkijanurien yli kurkottavasta pitkäaikaisuuden perspektiivistä käsin sekä sen puitteissa tieteen infrastruktuureja tähän tarkoitukseen kehittäen ja hyödyntäen.

Teema 7. Infrastruktuurituen "kasvattaminen" muuttuville tieteen käytännöille

Tekniset tieto- ja viestintäinfrastruktuurit toimivat luonnollisesti aina yhteistyön välittäjinä ja välineinä. Ihmisten keskinäinen yhteistyö on ongelmallista kuitenkin jo ilman teknisiä välineitäkin. Ongelmat kumuloituvat, kun yhteistyötä tehdään tietoteknisten välineiden avulla yli ajan, paikan ja eri kulttuurien. Perusvirheenä on tyypillisesti pidetty sitä, että tietoteknisiä infrastruktuureja rakennetaan usein tekniikan ehdoilla tuntematta riittävän hyvin niitä työkäytäntöjä ja sosiaalisia konteksteja, joihin niiden pitäisi sopia. Tutkimusinfrastruktuurien kehittäminen tuo mukanaan lisähaasteen: olemassa olevien käytäntöjen ymmärtäminen suunnittelun lähtökohtana ei enää riitä, koska tutkimustyön radikaalikin muuttuminen ja muuttaminen on e-tutkimuksen ytimessä. Tällöin on suuntauduttava tulevaisuuden työkäytäntöihin, jotka ovat kuitenkin vasta muotoutumassa, monesti keskenään ristiriitaisienkin tavoitteiden ja ideoiden väänössä. Onkin esitetty, ettei kyberinfrastruktuurien osalta voida enää puhua perinteisessä mielessä teknologiasuunnittelusta ja -kehityksestä. Pikemminkin kyseessä voidaan

nähdä olevan kyberinfrastruktuurien ”kasvataminen”, joustavuuden luominen kerrostuneisiin sosioteknisiin rakenteisiin, joiden ylläpitoa, uudistamista ja jatkokehitystä tehdään jatkuvina prosesseina pysyvyyden turvaamiseksi (Karasti ym. 2010).

E-tiedekauden murros

Tieteen infrastruktuurit on kohdeilmionä vaa- tiva koostuessaan tutkimuksesta meneillään oleviin suunnittelu-, kehitys- ja käyttöönotto- hankkeisiin sekä niiden nivoutumiseen saman- aikaisiin tieteen muutoksiin. Kyberinfra- struktuureissa ennakoitaan syntyvän uusia tieteen ja tutkimuksen organisoitumisen muo- toja ja yhä laajemmiksi kasvavissa rakenteissa nähdään tarvittavan yhä uusia, ainakin osittain virtuaalisesti toimivia tieteellisen yhteistyön ja -toiminnan organisoitumisen tasoja. Esimer- kiksi alussa mainittua alusta (*platform*) -käsi- tettä voidaan käyttää näiden hahmottamiseen ja näkyväksi tekemiseen. Uudenlaisten tieteen- tapojen luominen ja niitä tukevien e-infrastruk- tuurien kehittäminen vaatii tieteenalojen, tut- kimusaineistojen, tietämyksen rakentumisen ja kollaboratiivisen tieteen käytäntöjen koko- naisuuden haltuunottoa ja tutkimusta.

Tieteidenvälinen yhteistyössä tapahtuva ”ristiinpölyty” ei ole vain hedelmällistä, se on myös välttämätöntä tieteen infrastruktuurien moni- ja/tai poikkitieteellisessä kentässä. Tut- kijan rooliin kohdistuvat haasteet hahmottuvat sen ympärille, että tieteen- ja teknologiantutki- muksen samoin kuin muiden sosiaalitieteiden ja informaatiotieteiden ja -tutkimuksen alojen tutkijoille on tällä hetkellä sosiaalinen tilaus osallistua sekä tieteen infrastruktuurien suunnittelu- ja rakentamisprosesseihin että tutki- muspoliittiseen keskusteluun. Tämä edellyttää aktiivisen osallistumisen sisäänkutomista tut- kijan rooliin. Lisäksi se edellyttää, että tutkijat kykenevät muotoilemaan oivalluksiaan muo- dossa, joka mahdollistaa hedelmällisen kes- kustelun infrastruktuuripolitiikasta vastaavien tahojen kanssa. Valaisevien esimerkkien lisä- si olisi tärkeää muotoilla yleisemmällä tasolla, minkälaisia vaikutuksia tieteen paradig-

mamuutoksilla on suomalaiselle tutkimusinfra- struktuuri- ja laajemmin innovaatiopolitiikalle. Tieteenteon nopean kehityksen perässä pysymi- nen ja muutoksen ymmärtäminen ei ole haaste vain tutkijoille; tutkimuksen infrastruktuuripo- litiikasta päättävät tahot tarvitsevat käyttöönsä kaiken mahdollisen tiedon.

E-tiedekauden murros ei koske ainoastaan tutkimusta ja tiedeinstituutiota vaan mahdol- lisesti hyvin laajasti ja syvällisesti myös mui- ta siihen liittyviä instituutioita, kuten kirjastoa, arkistoa, tieteellistä julkaisemista, tutkimusra- hoitusta, teknologiakehitystä ja tiedepolitiik- kaa. Suomella on, ollessaan jonkin verran jäljes- sä kansainvälisessä kehityksessä, mahdollisuus välttää toistamasta virheitä, joita muissa mais- sa on e-tiedeohjelmien ensimmäisessä aallossa tehty. Tämä kuitenkin edellyttää ilmiökentän ymmärtämistä ja käsitteellistämistä riittävän laajasti. Tieteenteon välineiden, muotojen, pro- sessien ja käytäntöjen muutoksen tutkimuksen sitominen infrastruktuuripolitiikan institutio- naalisen ja kansallisen tason haasteiden käsitte- lyyn on tärkeä tavoite (Talja ym. 2010). Tieteen infrastruktuurit voidaan nähdä niin näkymät- töminä tukirakenteina, kansallisina kilpailu- valtteina kuin uuden tutkimusvision mahdol- listajinakin. Mitä haluamme niistä kasvattaa? Christine Borgmanin (2007) oivan oppikirjan sanoja mukaillen: antakaamme keskustelun alkaa!

Lähteet

- Atkins, D.E., Droegemeier, K.K, Feldman, S.I ym. (2003). Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure, Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cybe- rinfrasturcture. Saatavilla: http://www.community-technology.org/nsf_ci_report/.
- Borgman, C.L. (2007). *Scholarship in the Digital Age: Informa- tion, Infrastructure and the Internet*. Cambridge, MA; London, England, The MIT Press.
- Bowker, G.C. (2006). *Memory Practices in the Sciences*. Cam- bridge, MA: The MIT Press.
- Bowker, G.C., Baker, K.S., Millerand, F. ym. (2010). Towards Information Infrastructure Studies: Ways of Know- ing in a Networked Environment. Kirjassa: *Inter- national Handbook of Internet Research*. Hunsinger, J., Allen, M. ja Klasrup, L. (toim.), Springer, 97–117.
- Bruun, H., Langlais, R. ja Janasik, N. (2005). Knowledge Networking: A Conceptual Framework and Typology. *VEST* 18 (3–4): 73–104.

- Edwards, P.N., Jackson, S.J., Bowker, G.C. ym. (2007). Understanding Infrastructure: Dynamics, Tensions, and Design. Final report of the workshop History and Theory of Infrastructure: Lessons for New Scientific Cyberinfrastructures, NSF, Office of Cyberinfrastructure. Saatavilla: <http://hdl.handle.net/2027.42/49353>.
- Halfpenny, P. ja Procter, R. (2009). Special Issue on e-Social Science. *Social Science Computer Review* 27(4): 459–466.
- Hunsinger, J., Allen, M. ja Klasrup, L. (toim.) (2010). *International Handbook of Internet Research*. Dordrecht: Springer.
- Karasti, H., Baker, K.S. ja Millerand, F. (2010). Infrastructure Time: Long-Term Matters in Collaborative Development. *Computer Supported Cooperative Work* 19 (3–4): 377–415.
- Keating, P. ja Cambrosio, A. (2003). *Biomedical Platforms. Realigning the Normal and the Pathological in Late-Twentieth-Century Medicine*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Latour, B. ja Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Opetusministeriö (2009). *Kansallisen tason tutkimusinfrastruktuurit: Nykytila ja tiekartta*. Opetusministeriön julkaisuja 2009:1. Saatavilla: <http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2009/liitteet/opm01.pdf?lang=fi>.
- Ribes, D. ja Lee, C.P. (2010). Sociotechnical Studies of Cyberinfrastructure and e-Research: Current Themes and Future Trajectories. *Computer Supported Cooperative Work* 19 (3–4): 231–244.
- Star, S.L. ja Ruhleder, K. (1996). Steps toward an Ecology of Infrastructure: Borderlands of Design and Access for Large Information Spaces. *Information Systems Research* 7 (1): 111–134.
- Suomen tieteen tila ja taso 2009 (2009). Suomen Akatemian julkaisuja 9/09. Saatavilla: http://www.aka.fi/Tiedostot/Tiedostot/Julkaisut/Suomen_tieteen_tila_ja_taso_2009.pdf.
- Talja, S. (2010). Science and Technology Studies, *Encyclopedia of Library and Information Sciences*, Third Edition, 1 (1): 4604–4612.
- Talja, S., Karasti, H. ja Janasik, N. (2010). Tutkimusinfrastruktuuripolitiikan haasteet Suomessa: Tieteen infrastruktuurit -asiantuntijapaneelin antia. *Informaatiotutkimus*, Vol. 29, No. 4, 8. Saatavilla: <http://ojs.tsv.fi/index.php/inf/article/view/3847>.
- Unsworth, J., Courant, P., Fraser, S. ym. (2006). Our Cultural Commonwealth: The report of the American Council of Learned Societies Commission on Cyberinfrastructure for the Humanities and Social Sciences, American Council of Learned Societies. Saatavilla: <http://www.acls.org/cyberinfrastructure/cyber.htm>.

Helena Karasti on akatemiattutkija Oulun yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitoksella ja professori Luulajan teknillisessä yliopistossa. Nina Janasik viimeistelee väitöskirjaa Gefilus®-innovaatiosta Aalto-yliopiston insinööritytieteiden korkeakouluun ja toimii tutkijana Helsingin yliopiston sosiaalitytieteiden laitoksella. Sanna Talja on lehtori Tampereen yliopiston informaatiotieteiden yksikössä ja vieraileva professori Boråsin yliopistossa.

Kirjoittajat järjestivät Tieteen infrastruktuurit -teemaryhmän osana Aalto Event on Science and Technology in Society -tapahtumaa 17.–18.8.2010. Tämä katsaus pohjautuu teemaryhmän toisen päivän tutkijatöpajaan. Ensimmäisen päivän asiantuntijapaneeli on raportoitu vuonna 2010 Informaatiotutkimus-lehdessä.