

Salla Hiltunen

NANOTEKNOLOGIA TIETOJÄRJESTELMÄTIETEESSÄ



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2021

TIIVISTELMÄ

Hiltunen, Salla

Nanoteknologia tietojärjestelmätieteessä

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2021

Tietojärjestelmätiede, kandidaattitutkielma

Ohjaaja: Clements, Kati

Tutkimuksessa tutkitaan nanoteknologian hyödyntämistä tietojärjestelmätieteessä. Nanoteknologia on uusi teknologia, jota hyödynnetään monella eri tieteenalalla ja sen odotetaan mahdollistavan suuria kehitysaskelaita tieteessä. Tutkimuksessa määritellään nanoteknologian käsite ja perehdytään tietojärjestelmätieteeseen tieteenalana, jotta näiden yhdistäminen on luontevaa. Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena tutkien erityisesti tietojärjestelmätieteen korkeatasoisimpia julkaisuja. Aiheen tutkiminen on tärkeää, sillä nanoteknologiasta odotetaan paljon uutena teknologiana, muttei sitä ole juurikaan tutkittu tietojärjestelmätieteessä. Kirjallisuuskatsauksessa ilmeni nanoteknologiaa koskevien julkaisujen pieni määrä tietojärjestelmätieteessä. Julkaisuista kuitenkin pystyttiin ymmärtämään, että tietojärjestelmätieteessä kaivataan lisää teorioita uusista teknologioista kuten nanoteknologiasta. Nanoteknologia on osaltaan ollut luomassa informaatioähkyä, joka vaivaa nykyään lähes kaikkia sosiaalisia luokkia. Erilaiset elektroniikkalaitteet ovat pienentyneet ja muuttuneet tehokkaammiksi nanoteknologian vuoksi. Tutkimuksesta selviää myös, että nanoteknologia on vahvasti osana kaiken internetiä ja Big Dataa. Nanoteknologian nähdään kehittyneen hyvin monialaisesti ja sitä voidaan soveltaa hyvin monipuolisiin ongelmiin. Nanoteknologian voidaan sanoa olevan näkymätön sen tavallisille käyttäjille, joka herättää kysymyksiä esimerkiksi kuluttajan oikeuksista. Nanoteknologialla katsotaan olevan myös merkittäviä sosiaalisia vaikutuksia. Voidaan todeta, että nanoteknologia on vasta hyvin kehittyvä teknologia ja sen laajempi tutkiminen erityisesti tietojärjestelmätieteessä olisi aiheellista.

Asiasanat: nanoteknologia, tietojärjestelmätiede, informaatioähky, nanomateriaali, nanokone, Internet of Everything, Big Data

ABSTRACT

Hiltunen, Salla

Nanotechnology in Information Systems

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2021

Information Systems, Candidate's thesis

Supervisor: Clements, Kati

The study examines the utilization of nanotechnology in Information Systems Science. Nanotechnology is a new technology that is being exploited in many different fields and is expected to enable major advances in science. The research defines the concept of nanotechnology and introduces information systems science as a discipline so that it is natural to combine these two. The research is carried out in the form of a literature review, examining in particular the highest quality publications in the field of Information Systems Science. Research on this topic is important because much is expected of nanotechnology as a new technology, but little research has been done in Information Systems Science. Research shows that there is only a small number of publications on nanotechnology in the field. However, it was clear from the publications that more theories about new technologies such as nanotechnology are needed in the field. Nanotechnology has contributed to the creation of an information overload that affects almost all social classes today. Various electronic devices have shrunk and become more efficient due to nanotechnology. The study also shows that nanotechnology is strongly part of Internet of Everything and Big Data. Nanotechnology is seen as a very multidisciplinary and it can be applied to a wide range of problems. Nanotechnology can be said to be invisible to its normal users, which raises questions about consumer rights. Nanotechnology is also considered to have significant social implications. It can be said that nanotechnology is a developing technology and it would be appropriate to study it more extensively, especially in the field of Information Systems.

Keywords: nanotechnology, information systems, information overload, nanomachine, nanomaterial, Internet of Everything, Big Data

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Nano-objekteja.....	10
TAULUKKO 2 Julkaisut	21

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	NANOTEKNOLOGIA.....	8
	2.1 Nanoteknologia tieteenalana.....	8
	2.2 Nanomateriaalit, -prosessit ja tuotteet.....	10
	2.3 Nanokoneet	11
	2.4 Nanoteknologian sovellukset.....	12
3	TIETOJÄRJESTELMÄTIEDE.....	15
4	NANOTEKNOLOGIA TIETOJÄRJESTELMÄTIETEESSÄ.....	17
	4.1 Lehtien näkemys nanoteknologiasta	17
	4.1.1 Journal of MIS	17
	4.1.2 Journal of AIS.....	18
	4.1.3 Information Systems Research	19
	4.1.4 Journal of Information Technology.....	19
	4.1.5 Journal of Management Information Systems.....	20
	4.1.6 Journal of Strategic Information Systems	20
	4.2 Tulkintaa	20
5	YHTEENVETO	24

LÄHTEET

1 JOHDANTO

Nanoteknologian käyttö yleistyy nopeasti useilla eri tieteenaloilla ja se on nähty jopa mahdollisena seuraavana teollisena vallankumouksena. (Bhushan, 2017) Nanoteknologiasta ei voi välttyä, sillä se vaikuttaa jo melkein jokaisella elämämme osa-alueella. (Friedersdorf & Spadola, 2020) Termillä nanoteknologia tarkoitetaan tiedettä ja tekniikkaa, jotka ovat osana materiaalien ja laitteiden muotoilua, syntetiikkaa, luonnehdintaa ja käyttöä, joiden pienin toiminnallinen yksikkö on 1-100 nanometrin kokoinen. (Silva GA, 2004) Nanoteknologia perustuu siihen, että näillä nanopartikkeleilla on erilaisia ominaisuuksia ja tapa käyttäytyä, kuin suuremmilla partikkeleilla.

Nanoteknologian sovelluksia kehitetään monilla eri tieteenaloilla. Sen avulla voidaan luoda esimerkiksi kestävämpiä, sitkeämpiä ja kemiallisesti reaktiivisia materiaaleja. Materiaalin väri on myös eräs ominaisuus, joka määräytyy koosta nanotasolla. (Friedersdorf & Spadola, 2020) Nanoteknologiassa on myös saatu aikaan se, että nykyään tietokonetta voidaan kantaa taskussa.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan sitä, miten nanoteknologia esiintyy tietojärjestelmätieteen tutkimuksessa. Tutkimuksessa on tätä ennen kaksi osiota, joista ensimmäisessä pureudutaan siihen, mitä nanoteknologia tarkoittaa ja missä kaikkialla sitä käytetään. Tämän jälkeen pureudutaan tietojärjestelmätieteeseen tieteenalana. Tutkimuksen tarkoituksena on luoda parempaa ymmärrystä siitä, miten nanoteknologia nähdään tietojärjestelmätieteessä ja mitä mahdollisuuksia sillä voisi tulevaisuudessa olla.

Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena. Pääasiallisina lähteinä toimivat alan korkeatasoisimmat aiheita käsittelevät julkaisut. Aiheen analysoimiseen käytetään myös muita tieteellisiä julkaisuja. Motiivina aiheen tutkimiselle toimii nanoteknologian nopea kehittyminen ja sen mahdollisesti mahdollistamat suuret kehitysaskeleet tulevaisuudessa. Nanomittakaavassa

olevien tuotteiden ja komponenttien innovaatioissa ja niiden hyödyntämisessä nähdään olevan lähes rajattomat mahdollisuudet. (Suomalainen & Hakkarainen, 2008) Teknologian ollessa uusi ja nopeasti kehittyvä, on myös tärkeää muistaa kiinnittää huomiota teknologian mahdollisiin riskeihin ja haittavaikutuksiin.

Aihe on vahvasti liitoksissa tietojärjestelmätieteeseen, sillä tutkimuksessa teknologiaa tarkastellaan alan näkökulmasta ja tieteenalan korkeatasoisimmat julkaisut toimivat pääasiallisina lähteinä. Nanoteknologian tutkimuksen määrä tietojärjestelmätieteessä on melko vähäistä. Alan korkeatasoisimmista julkaisuista löytyi yhteensä 13 julkaisua, joissa on mainittu termi nanoteknologia. Tämän vuoksi on aiheellista tutkia uutta teknologiaa tästä näkökulmasta.

Tutkimuskysymys tutkimuksessa on:

- Miten nanoteknologiaa on tutkittu tietojärjestelmätieteen korkeatasoisimmissa julkaisuissa?

Tutkimuksessa pyritään ymmärtämään, missä kaikessa nanoteknologiaa käytetään ja miten sitä voisi hyödyntää tietojärjestelmätieteessä. Kiinnostuksen kohteena on myös se, miten tietojärjestelmätieteen lähestymistapa eroaa yleiseen lähestymistapaan nanoteknologiasta. Työn tavoite on saada laadittua eheä kokonaisuus aiheesta nanoteknologia lisäten näkökulmia tietojärjestelmätieteestä. Työn tavoitteet pidetään melko avoimina, jotta aineistoon tutustumisen yhteydessä tehdyt löydökset saavat työssä tilaa.

On hyvä ymmärtää tutkimuksen rajallisuus. Tutkimuksessa vastataan tutkimuskysymyksen lähes ainoastaan tietojärjestelmätieteen korkeatasoisimpien julkaisujen sisältöön pohjaten. Kuinka kattavan kuvan nämä julkaisut alasta yleensä antavat?

2 NANOTEKNOLOGIA

Tässä luvussa määritellään syvällisemmin nanoteknologian käsite ja tarkastellaan sitä, mitä siihen sisältyvät nanomateriaalit, -prosessit ja tuotteet ovat. Tarkastellessa nanoteknologiaa tietojärjestelmätieteen näkökulmasta, on luvussa myös oleellista esitellä nanokoneet, jotka ovat merkittävin sovellus alalla. Lopuksi avataan hieman sitä, miten nanoteknologiaa hyödynnetään veden puhdistamisessa, öljy- ja kaasuteollisuudessa, maataloudessa, elektroniikkateollisuudessa ja lääketieteessä.

2.1 Nanoteknologia tieteenalana

Nanoteknologiaa ei nähdä vain yhtenä kehittyvänä tieteellisenä alana, vaan siinä yhdistyy useampi eri tieteenala. Näitä ovat esimerkiksi kemia, fysiikka, materiaalitiede, lääketiede ja biologia. Yhdistämällä näitä erilaisia kollektiivisia asiantuntemuksia, voidaan kehittää uusia tekniikoita ja menetelmiä, joita kutsutaan nanoteknologiaksi. (Silva GA, 2004) Koska nanoteknologiassa yhdistyy useampi tieteenala, voitaisiin nanoteknologiasta käyttää yksikön sijaan termiä nanoteknologiat. (Suomalainen & Hakkarainen, 2008)

Puhuttaessa nanoteknologiasta on hyvä erottaa se nanotieteestä. Nanotiede lähentelee fysiikkaa, materiaalitieteitä ja biologiaa, joka keskittyy materiaalien manipulointiin atomi- ja molekyyllitasolla. Nanoteknologia taas on kykyä havainnoida, mitata, manipuloida, koota, kontrolloida ja tuottaa materiaa nanotasolla. (Bayda, Adeel, Tuccinardi, Cordani & Rizzolio, 2020)

Nanoteknologialle ei ole yhtä virallista määritelmää, vaan monet eri toimijat ovat antaneet sille oman määritelmänsä. Nanoteknologia terminä viittaa siihen, että se perustuu alle sadan nanometrin kokoisista partikkeleista koostuvien nanorakenteiden uudentlaisille ominaisuuksille ja

käyttäytymiselle. (Poole & Owens, 2010) Nämä uudet ominaisuudet ja käyttäytyminen perustuvat siihen, että partikkeleiden kokoa pienennettäessä nanokokoluokkaan, saattaa materiaalin pinnan ominaisuudet muuttua tärkeämmiksi kuin itse sen materiaalin ominaisuudet. (Suomalainen & Hakkarainen, 2008) NASA on lyhyesti määritellyt nanoteknologian seuraavasti:

Nanoteknologia on toiminnallisten materiaalien, laitteiden ja järjestelmien luomista hallitsemalla ainetta nanometrin pituuskaalalla (1-100nm) ja hyödyntämällä uusia ilmiöitä ja ominaisuuksia (fysikaaliset, kemialliset, biologiset, mekaaniset, sähköiset...) tällä pituuskaalalla. (Scheu, Veefkind, Verbandt, Galan, Absalom & Förster, 2006)

Idean nanoteknologiasta esitteli Richard P. Feynman vuonna 1959, jolloin hän piti nykyään kuuluisan puheensa nimeltä *Plenty of Room at the Bottom*. Hän sanoi puheen alussa haluavansa puhua asioiden manipuloinnista ja kontrolloinnista pienessä mittakaavassa. Puheessa hän sanoi myös seuraavaa:

Fysiikan periaatteet, sikäli kuin näen, eivät ole vastoin mahdollisuutta ohjata asioita atomi atomilta. (Feynman, 1959)

Norio Taniguchi kuitenkin määritteli nanoteknologian ensimmäisenä vuonna 1974, jolloin hän sanoi nanoteknologian olevan tuotantotekniikka, joka mahdollistaa erittäin korkean tarkkuuden ja erittäin pienet koot. (Schaming & Remita, 2015) Tämä määritelmä oli kuitenkin hyvin laaja ja melko epäselvä ja käsitteen määrittelyyn tuli pian tarkennuksia. Suomen nanoteknologiaohjelma, joka perustettiin vuonna 1997, määritteli nanoteknologian seuraavasti:

Nanoteknologia on kasvava määrä menetelmiä, joita käytetään rakentamaan pienempiä rakenteita kuin hienoimmat rakenteet nykyisissä piisiruissa, mutta kuitenkin suurempia kuin yksittäiset atomit. Tämä tarkoittaa kokoluokkaa yhdestä nanometristä sataan. (Maghrebi, Abbasi, Amiri, Monsefi & Harati, 2011)

Nanoteknologian valmistusmenetelmiä on kahdenlaisia, jotka poikkeavat toisistaan laadullisesti, ajallisesti ja kustannuksiltaan. Ylhäältä alas eli top-down-tekniikka tarkoittaa sitä, että jaetaan materiaali osiin, jotta siitä saadaan nanokokoisia partikkeleita. Tämä voidaan toteuttaa edistyneillä tekniikoilla, kuten tarkkuussunnittelulla ja litografialla. Alhaalta ylös eli bottom-

up-tekniikassa nanorakenteet rakennetaan atomi atomilta tai molekyyli molekyyliltä. Tässä hyödynnetään erilaisia fysikaalisia ja kemiallisia metodeita. (Bayda, Adeel, Tuccinardi, Cordani & Rizzolio, 2020)

2.2 Nanomateriaalit, -prosessit ja tuotteet

Tärkeimpänä nanoteknologian sovelluksena pidetään erilaisia nanomateriaaleja. Nanomateriaalilla tarkoitetaan objektia, joka on vähintään yhdeltä dimensioltaan nanomittainen. Nanomateriaalit voidaan jakaa kahteen luokkaan; luonnollisiin nanomateriaaleihin ja ihmisten luomiin nanomateriaaleihin. Nanoteknologialla tarkoitetaan nanomateriaalia, jonka ihminen on tarkoituksellisesti valmistanut. Jos nano-objekti on nanokokoinen kaikilta kolmelta dimensioltaan, kutsutaan sitä nanopartikkeliksi. Jos kaksi sen dimensiota ovat nanokokoisia, kutsutaan objektia nanoputkeksi tai nanolangaksi. Jos vain yksi dimensio on nanokokoinen, on objekti nimeltään joko nanofilmi tai nanokerros. (Schaming & Remita, 2015)

TAULUKKO 1 Nano-objekteja, jotka voivat olla erilaisista elementeistä tehty

Nanokokkoisten dimensioiden määrä	Nano-objektin nimi
1	nanofilmi tai nanokerros
2	nanoputki tai nanolanka
3	nanopartikkeli

Kun laajennetaan tarkastelua nanomateriaaleihin, -prosesseihin ja tuotteisiin, voidaan nämä jakaa viiteen eri ryhmään niiden erilaisten ominaisuuksien mukaan: (Suomalainen & Hakkarainen, 2008)

1. Luonnollisissa prosesseissa syntyvät tai luonnossa esiintyvät nanomittakaavan kokoiset partikkelit
2. Nanopartikkelit, jotka syntyvät ihmistoiminnan satunnaisena sivutuotteena
3. Nanovalmistusprosessit

4. Tarkoituksenmukaisesti valmistetut nanomateriaalit
5. Nanotuotteet

Neljäs ryhmä eli tarkoituksenmukaisesti valmistetut nanomateriaalit on edelleen jaoteltu neljään eri ryhmään: (Suomalainen & Hakkarainen, 2008)

1. Hiileen perustuvat materiaalit
2. Metalleihin perustuvat materiaalit
3. Dendrimeerit
4. Komposiitit

2.3 Nanokoneet

Nanokoneeksi kutsutaan laitteita, joiden kokoa on pienennetty nanoteknologian avulla. Näitä nanokoneita voidaan käyttää edelleen esimerkiksi nanobottien, nanoprosessorien, nanomuis-
tin ja nanokellojen kehittämisessä. (Nayyar, Puri, & Le, 2017) Nanokoneet ovat kooltaan erit-
tään pieniä, kuten niiden nimestä voidaan päätellä. Nanokoneen koko on yhdestä sataan na-
nometriä. Kuten jokaisella koneella, myös nanokoneella on oltava moottori. (Wang, 2013)

Termillä nanorobotti (lyhennettynä nanobotti) tarkoitetaan mitä tahansa aktiivista ra-
kennetta, joka pystyy johonkin seuraavista: käyttöön, aistimiseen, käsittelyyn, työntöön,
merkitsemiseen, tiedonkäsittelyyn, älykkyyteen ja virtaukseen nanotasolla. Nanorobotit on
jaoteltu neljään eri ryhmään:

- Nanomanipulaattorit
- Bionanorobotit
- Magneettisesti ohjattavat nanorobotit
- Bakteeripohjaiset nanorobotit

(Mavroidis & Ferreira, 2013)

Nanorobottien voidaan myös ajatella olevan nanotietokoneita, jotka ovat yksinkertaisuudes-
saan tietokoneita, joiden jotkin fysikaaliset dimensiot ovat nanokokoisia. Nanorobottien li-

säksi nanotietokoneita katsotaan olevan:

- mekaaniset nanotietokoneet
 - kvanttietokoneet
 - elektroniset nanotietokoneet
 - kemialliset nanotietokoneet
- (Ansari & Gupta, 2014)

Listassa mainitaan kvanttietokoneet, jotka ovat tietokoneita, joissa hyödynnetään kvanttidotteja. Kvanttidotit ovat nanoteknologian tuote, joita valmistetaan bottom-up-tekniikalla. Niitä käytetään kvanttietokoneissa kvanttibitteinä eli kubitteina. Normaalin tietokoneen biteistä poiketen kubitti voi olla kolmessa eri tilassa: nolla, yksi ja superpositio. Superpositiossa kubitti on nolla ja yksi samanaikaisesti. Kvanttietokoneen pystyessä tähän superpositioon, oletetaan sen pystyvän suorittamaan miljoonia laskuja samanaikaisesti, joka tekee tietokoneesta paljon aiempaa nopeamman. (Ullah, 2013)

Kvanttietokoneen tavoin molekyyalitasolle mennään DNA-tietokoneissa, jotka ovat esimerkki kemiallisesta nanotietokoneesta. DNA-tietokone toimii ikään kuin Turingin koneet, jotka prosessoi ja tallentaa tietoa sarjoina tai symbolilistoina. Tämä on luonnollisesti liitoksissa tapaan, miten biologiset koneistot toimivat. DNA-tietokone on kokoelma valittuja DNA-säikeitä, joiden yhdistelmä johtaa jonkin ongelman ratkaisuun. DNA:ta voidaan myös hyödyntää tiedon tallentamiseen ja monimutkaisten laskelmien suorittamiseen. (Ezziane, 2005)

2.4 Nanoteknologian sovellukset

Nanoteknologian sovelluksia on kehitetty useilla eri tieteenaloilla. Esimerkiksi kemia, fysiikka, biologia, materiaalitiede, insinööritieteet, ympäristötieteet ja lääketiede hyödyntävät ja tutkivat nanoteknologiaa. Nanoteknologiasta on myös etsitty ratkaisuja erilaisiin yhteiskunnallisiin ja ympäristöä koskeviin ongelmiin.

Nanoteknologian käyttöönotto on osittain mahdollistanut elektroniikkateollisuuden nopean kehittymisen. Erilaiset elektroniset laitteet ovat pienentyneet kooltaan ja niistä on tullut samalla entistä tehokkaampia. Laitteiden komponentteja on käsitelty nanometrin mittakaavassa ja nanoteknologiaa on erityisesti hyödynnetty prosessoreissa ja tiedontallennusosissa. (Suomalai-

nen & Hakkarainen, 2008)

Nanoteknologian tutkimuksella ollaan myös kehitetty edullisia ja pienikokoisia sensoreita, joista useat keräävät tarvitsemansa energian ympäristöstään. Näitä sensoreita voidaan asentaa esimerkiksi erilaisiin materiaaleihin. Sensoreita tullaan asentamaan hurjia määriä ja näin myös niiden avulla kerätyn datan määrä kasvaa runsaasti. (Snyder & Byrd, 2017)

Nanoteknologialla on kehitetty myös erilaisten laitteiden näyttöjä, joissa on käytetty nanorakenteisia polymeerifilmejä. Nämä OLED-näytöt mahdollistavat tarkemman kuvan litteämmässä muodossa, paremman kuvan laadun ja ne myös kuluttavat vähemmän energiaa ja ovat pitkäkestoisempia. Mikroprosessoreissa ollaan pitkään käytetty aiemmin mainittua top-down tekniikkaa, jota käyttämällä ei pian enää voida pienentää transistoreita enempää. Bottom-top tekniikan katsotaan olevan ratkaisu kehityksen jatkumiselle elektroniikkateollisuudessa. (Ansari & Gupta, 2014)

Nanoteknologiaa hyödynnetään veden ja jäteveden käsittelyssä. Nanoteknologian uudet sovellukset tarjoavat suuria mahdollisuuksia uuden sukupolven vesihuoltojärjestelmien kehittämiseen. (Sunadh, Sridevi, Joy & Joy, 2018) Nanotekniikan avulla voidaan myös poistaa suolaa merivedestä. Nanosuodattamisella nähdään olevan merkittävä rooli mm. kehitysmaissa puhtaan veden tuottamisessa. (Suomalainen & Hakkarainen, 2008)

Nanoteknologiaa hyödynnetään maataloudessa ja sitä voidaan käyttää parantamaan ruuan turvallisuutta, laatua, tuotteiden jäljitettävyyttä, ravintoaineiden imeytyvyyttä, tuotteiden pakkaamista ja maatalouteen ja ravinnon valmistamiseen liittyviä prosesseja. (Sunadh, Sridevi, Joy & Joy, 2018) Nanoteknologialla nähdään olevan potentiaalia lisätä maatalouden resurssien tehokkuutta ja tarjota ratkaisuja erilaisiin maatalous- ja ympäristöongelmiin ruuan tuottavuuden ja turvallisuuden parantamiseksi. Ruuan tuottaminen on kohdannut paljon paineita, sillä maailman väkiluku kasvaa jatkuvasti, ilmastonmuutos uhkaa, ympäristö saastuu ja ruuan tuottaminen vaatii enemmän vettä ja energiaa. (Usman, Farooq, Wakeel, Nawaz, Cheema, Rehman & Sanaullah, 2020)

Öljy- ja kaasuteollisuus hyödyntää nanoteknologiaa öljykenttien kehittämiseen ja erityisesti öljykenttien palautumisen tehostamiseen. (Sunadh, Sridevi, Joy & Joy, 2018) Nanomateriaaleja hyödynnetään lähes kaikissa öljy- ja kaasuteollisuuden vaiheissa, sisältäen etsimisen, poraamisen, tuotannon, käsittelyn, kuljetuksen ja puhdistuksen. Öljy- ja kaasuteollisuus kohtaa paljon erilaisia ympäristöä ja tuotantoa koskevia ongelmia, joihin on nanoteknologian avulla etsitty ratkaisuja. (Saleh, 2017)

Lääketieteessä nanoteknologiaa käytetään esimerkiksi tarkempaan diagnostiikkaan ja geeniterapiaan. Tällä hetkellä tehdään paljon tutkimusta siitä, miten nanoteknologiaa voitaisiin

hyödyntää COVID-19-viruksen leviämisen vähentämiseen. Monet viruslääkkeet perustuvat nanoteknologiaan ja on myös laajasti osoitettu, että nanomateriaalit ovat vaihtoehto pintojen puhdistamiseksi viruksen inaktivoimiseksi. Nanomateriaalit ovat kustannustehokkaita ja helposti syntetisoitavia, joten ne voivat vähentää COVID-19:n taakkaa haastavissa ympäristöissä ja kehitysmaissa. (Vazques-Munoz & Lopez-Ribot, 2020)

Nanoroboteilla saadaan lääkkeet kuljetettua kohdistetusti tietyille alueille, jolloin hoito on harmittomampaa muille kehonosille. Nanoteknologialla on kehitetty myös kirurgiaa, koska sen avulla kirurgisista työkaluista ja roboteista on saatu tehtyä hyvin pieniä. Nanokameroita voidaan hyödyntää esimerkiksi leikkauksen visualisoinnissa ja nanokokoisia työkaluja voidaan ohjata tietokoneella, jolloin virheitä tapahtuu vähemmän verrattuna siihen, että ihminen pitelisi työkalua. (Thiruchelvi, Sikdar, Das, & Rajakumari, 2020)

3 TIETOJÄRJESTELMÄTIEDE

Tässä kappaleessa tutustutaan hieman tietojärjestelmätieteeseen tieteenalana ja määritellään, mitkä ovat tietojärjestelmätieteen vaikutusvaltaisimmat tieteelliset lehdet. Tietojärjestelmätiede on lyhyesti määritelty MIS Quarterlyn julkaisussa *Uncovering the Intellectual Core of the Information Systems Discipline* (Sidorova, Evangelopoulos, Valacich & Ramakrishnan, 2008) seuraavasti:

Tietojärjestelmätiede keskittyy siihen, miten tietojärjestelmät kehitetään ja kuinka yksilöt, ryhmät, organisaatiot ja markkinat ovat vuorovaikutuksessa IT:n kanssa. (Sidorova, Evangelopoulos, Valacich & Ramakrishnan, 2008)

Tietojärjestelmätiede on tieteenalana vielä suhteellisen nuori. Sen katsotaan syntyneen 1950-luvulla, jolloin tietokoneiden käyttö datan käsittelyssä yleistyi. (Avison & Elliot, 2006). Tietojärjestelmätiede on erittäin tärkeä tänä päivänä, sillä yritykset ovat tulleet entistä enemmän riippuvaisemmiksi tietojärjestelmistään hallinnollisista ja myös kilpailullisista syistä. (Vessey, Ramesh & Glass, 2002)

Ensimmäisessä tietojärjestelmätieteen kansainvälisessä konferenssissa ICIS:ssä vuonna 1980 Peter Keen väitti tietojärjestelmätieteen olevan ”soveltava” tieteenala, joka ammentaa muista viitetieteenaloista. Nämä viitetieteenalat ovat olleet kehittyneempiä, joten tietojärjestelmätieteen tutkijat ovat voineet lainata ja oppia näiden teorioista, metodeista ja esimerkkitutkimuksista. (Baskerville, & Myers 2002)

Tietojärjestelmätieteeseen vaikuttaneita tieteenaloja ajateltiin aluksi olleen tietojenkäsittelyoppi, johtamistieteet, organisaatiotiede, johdon kirjanpito, käyttäytymistiede ja psykologia. Myöhemmin myös taloustiede ja markkinointi on lisätty näihin vaikuttaneisiin tieteenaloihin. (Taylor, Dillon & Wingen, 2010) Tietojärjestelmätiede on hyvin moninaisena tieteenalana kohdannut haasteita identiteetin muodostamisessa. Vuonna 1996 Benbasat ja Weber väittivät, että tieto-

järjestelmätieteen monimuotoisuudella voi olla haitallisia vaikutuksia alan lainsäädäntöön. Robey kuitenkin samana vuonna väitti, että monimuotoisuuden edut ovat suuremmat kuin sen haitat. Monimuotoisuus edistää luovuutta ja huokuttelee huippututkijoita eri tieteenaloilta. (Sidorova, Evangelopoulos, Valacich & Ramakrishnan, 2008)

Tietojärjestelmätieteen oikeutta olla oma tieteenalansa epäiltiin laajalti, mutta ala on kasvanut ja vahvistanut väitettään omasta identiteetistä. Tämän jälkeen alan tutkijat ovat keskittyneet tunnistamaan tieteenalan rakennetta. Tietojärjestelmätieteen keskeinen aihe on määritelty olevan IT-esine, mutta tästä tutkijat ovat poikenneet. Tietojärjestelmätieteen monimuotoisuus nähdään johtaneen epäselvään ja huonosti määriteltyyn ydinidentiteettiin. (Taylor, Dillon & Wingen, 2010)

Association of Information Systems eli AIS toimii tietojärjestelmätieteen johtavana ammatillisena yhdistyksenä organisaatioille ja yksilöille, jotka johtavat tietojärjestelmätieteen tutkimusta, opetusta, käytäntöjä ja opiskelua maailmanlaajuisesti. (About AIS, 2021) AIS on nettisivuillaan nimennyt kahdeksan alan vaikutusvaltaisinta lehteä, jotka ovat:

- European Journal of Information Systems
- Information Systems Journal
- Information Systems Research
- Journal of AIS
- Journal of Information Technology
- Journal of MIS
- Journal of Strategic Information Systems
- MIS Quarterly

(Journals AIS, 2021)

Tietojärjestelmätiede on usein nähty sosiaalisena tieteenä. Tähän on syynä se, ettei se ainoastaan tutki tietotekniikan ja järjestelmien sovelluksia kaupallisissa yhteyksissä, vaan se katselee myös näiden järjestelmien sosiaalisia аспекteja, joihin ihminen ottaa osaa ja jotka vaikuttavat ihmiseen. Tietojärjestelmätieteen nähdään tuovan ymmärrystä ihmisistä, poliittisista ympäristöistä ja erilaisista asiayhteyksistä, jotka vaikuttavat tietoteknillisten projektien onnistumiseen. (Heeks, 2010)

4 NANOTEKNOLOGIA TIETOJÄRJESTELMÄTIETEESSÄ

Tässä luvussa käsitellään nanoteknologiaa tietojärjestelmätieteessä tutkien tieteenalan korkeatasoisimpia julkaisuja, joissa nanoteknologia on tavalla tai toisella esillä. Sana *nanoteknologia* ilmeni 13:ssa eri tietojärjestelmätieteen lehtien artikkelissa, joista yhdeksän sisälsi edes jollain tavalla hyödyllistä tietoa tutkimuksen kannalta. Neljä muuta hylättiin, sillä niissä sana *nanoteknologia* oli mainittu vain lähteessä tai sillä ei muuten ollut mitään sisällöllistä kontekstia. Monessa tutkimukseen valitussakin julkaisussa nanoteknologia on mainittu vain ohimennen, mutta julkaisuista löytyi myös merkittäviä löydöksiä. Tutkimuksessa tarkastellaan aiemmin mainittuja tietojärjestelmätieteen tärkeimpiä akateemisia lehtiä. Näistä lehdistä *European Journal of Information Systems*, *Information Systems Journal* ja *MIS Quarterly* eivät olleet julkaisseet ainuttakaan tutkimusta koskien nanoteknologiaa. Avataan seuraavaksi lehti kerrallaan sitä, miten nanoteknologiaa on käsitelty julkaisuissa.

4.1 Lehtien näkemys nanoteknologiasta

4.1.1 Journal of MIS

Tutkimus *Theory-Informed Design and Evaluation of an Advanced Search and Knowledge Mapping System in Nanotechnology* (Dang, Zhang, Chen, Brown, Hu & Nunamaker, 2012) vaikuttaa olevan merkittävin nanoteknologiaa käsittelevä julkaisu alan

lehdissä. Tutkimukseen viitataan parissa muussakin julkaisussa ja se vaikuttaa tuovan merkittävää tietoa tieteelliselle yhteisölle. Kyseisessä artikkelissa esitellään nanoteknologian saralla vallitsevaan informaatioähkyyn ratkaisu, Nano Mapper. Nanoteknologiaa käytetään usein niin, että siitä tallentuu runsaasti tietoa. Näin kerättyä tietoa on kerääntynyt niin suuret määrät, että voidaan puhua informaatioähkystä. Informaatioähkyksi kutsutaan sitä, kun runsaan tiedon määrän vuoksi on vaikeaa pysyä tiedon kehittymisen mukana ja valita oleellista tietoa. Myös nanoteknologian tutkimuksiin keskittyvät hakujärjestelmät on nähty hyvin kehittymättöminä. Näihin ongelmiin kehitettiin siis Nano Mapper, joka on edistynyt web-pohjainen järjestelmä, joka sisältää monipuolisia hakutoimintoja ja sisältää myös työkaluja tiedon visualisointiin ja analysointiin. (Yan Dang, Yulei Zhang, Hsin-chun Chen, Susan A. Brown, Paul Jen-Hwa Hu & Jay F. Nunamaker, 2012)

Tutkimus *Managing Knowledge in Light of Its Evolution Process: An Empirical Study of Citation Network-Based Patent Classification* (Li, Chen, Zhang, Li & Nunamaker, 2009) käyttää nanoteknologian tuottamaa dataa ja aiheena on niin ikään tiedon ylikuorma. Tutkimus keskittyy tiedon evoluution prosessiin ja ehdottaa uutta näkökulmaa tiedonhallintatehtäviin. Tähän tutkimukseen nanoteknologia valittiin siksi, että sillä oli vahva vaikutus maan (USA) teknologian kehitykseen ja se on kehittynyt nopeasti patenttien julkaisemisessa viime vuosina, minkä sanotaan heijastavan monien korkean teknologian alojen ominaisuuksia.

4.1.2 Journal of AIS

Nanoteknologia mainitaan tutkimuksessa *A Foundation for the Study of IT Effects: A New Look at DeSanctis and Poole's Concepts of Structural Features and Spirit* (Lynne & Silver, 2008), jossa uudelleenmääritellään termit rakenteelliset ominaisuudet ja järjestelmän henki DeSanctisin ja Poolen AST-teoriasta. Teorian mukaan IT on sosiaalisten prosessien tuotos ja IT-esine voi olla (ei pakolla ole) vaikuttava tekijä siinä, kuinka IT:tä käytetään ja minkälaisia toisen asteen vaikutuksia sillä on, niin negatiivisia kuin positiivisia. Artikkelissa sanotaan, etteivät teknisten esineiden olemassaolo riipu siitä, että ihminen ne havaitsee, vaikka niiden tuleekin yleisesti tulla nähdyksi, jotta niitä voidaan käyttää. Nanoteknologia mainitaan tässä poikkeuksena, jolla on potentiaalia tulla aktivoituksi ilman, että käyttäjä teknologiaa havaitsee. Nanoteknologian lisäksi tällaisia ovat sulautettu ja puettava tietotekniikka.

4.1.3 Information Systems Research

Tutkimus *Jack of All, Master of Some: Information Network and Innovation in Crowdsourcing Communities* (Hwang, Singh & Argote, 2019) tutkii sitä, kuinka tieto, jota asiakastuki joukkorahoitusyhteisössä toimiva yksilö kerää auttamalla muita, vaikuttaa heidän kykyynsä tuottaa uusia, suosittuja ja käyttökelpoisia ideoita innovointijoukkorahoitusyhteisössä. Tämä innovointiyhteisö toimii niin, että siellä asiakkaat voivat ehdottaa uusia tuote- tai palveluideoita suoraan yritykselle. Asiakastukiyhteisö taas toimii niin, että siellä asiakkaat auttavat toisiaan ratkaisemaan ongelmiaan yrityksen tuotteilla. Nanoteknologia mainitaan tutkimuksessa erään innovointitilanteen yhteydessä. Eräs nanoteknologian professori hyödynsi syvää tietämystään nanoteknologiasta ja sementtiteollisuudesta, joiden avulla hän esitti ratkaisun vakavaan öljyvuotoon liittyvään ongelmaan.

Tutkimus *Research Commentary: Desperately Seeking the "IT" in IT Research -A Call to Theorizing the IT Artifact* (Orlikowski & Iacono, 2001) ehdottaa, että tietojärjestelmätiede alkaisi ottamaan IT-esineet eli itse teknologiat vakavasti sen sijaan, että keskittyisi vain teknologian vaikutuksiin, kontekstiin ja kykyihin. Tutkimuksen mukaan tietojärjestelmätieteen tulisi teorioida nimenomaan IT-esineistä. Tällainen tutkimussuunta nähdään kriittisenä, jos IS-tutkimuksella halutaan merkittävästi myötävaikuttaa maailman ymmärtämiseen. Nanoteknologia mainitaan neljännen ja viidennen premissin yhteydessä, jossa tarkastellaan IT-esineiden, jotka nähdään monimutkaisina ja muuttuvina teknososiaalisina prosesseina ajasta toiseen, syntyä ja evoluutiota. Tutkimus painottaa, että meidän tulee kehittää uusia teorioita, jotta ymmärtäisimme näitä prosesseja ja erityisesti ennennäkemättömiä teknologioita ja käyttötapoja, joista yhtenä mainitaan nanoteknologia.

4.1.4 Journal of Information Technology

Tutkimus *Engaging Scientometrics in Information Systems* (Hassan & Loebbecke, 2017) tutkii scientometrisen tutkimuksen mahdollisuuksia tietojärjestelmätieteen käsitteellisen ja teoreettisen kehityksen tehostamisessa. Scientometria tarkoittaa tieteenalaa, joka mittaa ja analysoi tieteellistä kirjallisuutta. Nanoteknologia mainitaan tutkimuksen kohdassa historiografisen ulottuvuus. Historiografisen ulottuvuuden tutkimuksella Igami pystyi kuvaamaan nanoteknologian kentän monialaista evoluutiota vuonna 2008.

Tutkimus *Big Other: Surveillance Capitalism and the Prospects of an Information Civili-*

zation (Zuboff, 2015) kuvaa valvontakapitalismin vaikutuksia tietosivilisaatioon. Tutkimuksessa puhutaan nanopartikkeleista, jotka tarkkailevat ihmiskehoa löytääkseen merkkejä sairauksista. Teknologiasta puhutaan Big Datan ja IoE:n eli kaiken internetin yhteydessä. Googlen kerrotaan investoineen merkittävästi uusiin teknologioihin, joilla on merkittäviä sosiaalisia seurauksia, kuten nanoteknologiaan ja esimerkiksi tekoälyyn. Google kerää paljon dataa ja sen mahdollisuudet laajaan julkiseen valvontaan puhuttavat.

4.1.5 Journal of Management Information Systems

Erikoisnumero *Special Section: Creating Value with Information* (Briggs & Nunamaker, 2012) viittaa kappaleessa 4.1.1 käsitelyyn artikkeliin *Theory-Informed Design and Evaluation of an Advanced Search and Knowledge Mapping System in Nanotechnology* (Dang, Zhang, Chen, Brown, Hu & Nunamaker, 2012), joka tutki informaatioähkyä. Erikoisnumerossa puhutaan niin ikään informaatioähkystä ja Nano Mapperista, jonka nähdään toimivan myös muunlaisissa tiedon ylikuorman tilanteissa, kuten Worldwide Web:stä hakemisessa.

4.1.6 Journal of Strategic Information Systems

Artikkeli *The world and business computing in 2051* (Amaravadi, 2003) kiinnittää huomionsa informaatioteknologian tulevaisuuteen sosiaalisessa ja taloudellisessa kontekstissa vuosisadan puolessavälissä. Nanoteknologia mainitaan puhuttaessa tietojenkäsittelystä vuonna 2051. Artikkelin mukaan tulemmme käyttämään PID-laitteita eli Personal Identification-laitteita, jotka toimivat puhelimina, fakseina, viestintävälineinä ja tietokoneina ja ovat vain painikkeen kokoisia. Jokaiselle maailman ihmiselle on kehitetty ja annettu kyseinen laite. Nanoteknologian väitetään pienentävän tämän kaikkeen käyttämämme laitteen suunnilleen kampanjapainikkeen kokoon.

4.2 Tulkintaa

Kuten artikkeleiden sisällöstä voi päätellä, ei nanoteknologiaa ole kovin syvällisesti tutkittu tie-

tojärjestelmätieteen lehdissä. Kyseessä on vielä hyvin kehitysvaiheessa oleva teknologia, josta voidaan tulevaisuudessa julkaista enemmän tutkimuksia. Käsitellään seuraavaksi artikkelien tutkimisen yhteydessä ilmenneitä nanoteknologiaan liittyviä aihealueita tietojärjestelmätieteen näkökulmasta. Alla taulukko, johon on koottu kaikki läpikäytyt tutkimukset ja niiden teemat. Taulukkoon on myös merkitty se, miten julkaisu on liitoksissa tietojärjestelmätieteeseen.

TAULUKKO 2 Julkaisut ja niiden teemat ja liitokset tietojärjestelmätieteeseen

<i>Lehti</i>	<i>Artikkeli</i>	<i>Teema</i>	<i>Liitos tietojärjestelmätieteeseen</i>
Journal of MIS	<i>Theory-Informed Design and Evaluation of an Advanced Search and Knowledge Mapping System in Nanotechnology</i>	Informaatioähky, sensorit	Yksilöiden ja organisaatioiden vuorovaikutus nanoteknologian kanssa
Journal of MIS	<i>Managing Knowledge in Light of Its Evolution Process: An Empirical Study of Citation Network-Based Patent Classification</i>	Nopea kehittyjä patenttien julkaisijana, kehittynyt tieteenala	Tiedonhallinta ja uusien innovaatioiden määrän analysointi
Journal of AIS	<i>A Foundation for the Study of IT Effects: A New Look at DeSanctis and Poole's Concepts of Structural Features and Spirit</i>	Nanoteknologian aktiivointi havainnoimatta	Yksilön vuorovaikutus nanoteknologian kanssa
Information Systems Research	<i>Jack of All, Master of Some: Information Network and Innovation in Crowdsourcing Communities</i>	Nanoteknologian tietämys soveltuu moneen, monitieteellisyys	Monitieteellinen ongelmanratkaisu
Information Systems Research	<i>Research Commentary: Desperately Seeking the "IT" in IT Research- A Call to Theorizing the IT Artifact</i>	Teoriat uusista IT-esineistä	Tietojärjestelmätieteen ydin, tulisiko teorioita kehittää enemmän?
Journal of Information Technology	<i>Engaging Scientometrics in Information Systems</i>	Nanoteknologian monialainen evoluutio, nanoteknologiat	Teknologian määrittely ja sen tutkimus
Journal of Information Technology	<i>Big Other: Surveillance Capitalism and the Prospects of an Information Civilization</i>	Nanoteknologian sosiaaliset vaikutukset, Osana IoE:tä ja big dataa	Ryhmien ja yhteiskunnan vuorovaikutus nanoteknologian kanssa
Journal of Management Information Systems	<i>Special Section: Creating Value with Information</i>	Informaatioähky, sensorit	Yksilöiden ja organisaatioiden vuorovaikutus nanoteknologian kanssa

Journal of Strategic Information Systems	<i>The world and business computing in 2051</i>	Teknologisten laitteiden koon pieneneminen, nanokoneet	Teknologisten laitteiden fyysiset komponentit
--	---	--	---

Nanoteknologian käytöstä kerrotaan syntyvän merkittävän suuri määrä dataa, mikä on johtanut informaatioähkyyn. Nanoteknologian käytöstä syntyvän datan hallinnointiin on kuitenkin kehitetty ratkaisuksi Nano Mapper. (Dang, Zhang, Chen, Brown, Hu & Nunamaker, 2012) Nanoteknologian käytöstä syntyy paljon dataa esimerkiksi teknologialla kehitettyjen sensoreiden ja lääketieteessä käytettävien kameroiden vuoksi. Informaatioähkyä ilmenee silloin, kun päätöksentekijällä on enemmän tietoa saatavilla, kuin mitä heidän tiedonkäsittelykykynsä pystyy prosessoimaan. Informaatioteknologian kehitys ja internetin palveluiden käytön yleistymisen ovat aiheuttaneet sen, että informaatioähkyä kokevat ihmiset kaikissa sosiaalisissa luokissa. Ennen näitä suuria mullistuksia informaatioähky koski lähinnä varakkaita ja etuoikeutettuja. (Roetzel, 2019)

Nanoteknologian tieteenala on nopeasti kehittynyt patenttien julkaisijana, jonka sanotaan olevan merkki ”korkeasta tieteenalasta”. (Li, Chen, Zhang, Li & Nunamaker, 2009) USA on ollut kärkeä nanoteknologian patenttien julkaisijana, jos katsotaan patenttien määriä. Nanoteknologian patenttien määrä lähti merkittävään kasvuun vuosituhaten vaihteessa ja on siitä lähtien kasvanut runsaasti. (Chen, Roco, Li & Lin, 2008)

Nanoteknologialla sanotaan olevan potentiaalia tulla aktivoituksi ilman, että käyttäjä havainnoi itse teknologiaa. (Lynne & Silver, 2008) Tällä voidaan tarkoittaa sitä, että nanoteknologia on ikään kuin näkymätön sen tavallisille käyttäjille. Näkymättömällä ei tarkoiteta pelkästään sitä, että nano-objekti on kirjaimellisesti mahdotonta nähdä, vaan että käyttäjä ei tiedä, että tuotteessa on nanoteknologiaa. Tällöin käyttäjä ei myöskään tiedä tuotteen ominaisuuksien johtuvan nanoteknologiasta, eikä käyttäjä voi tehdä tietoisia valintoja kuluttajana ja eettiset aspektit voivat jäädä piiloon. (Sparrow, 2009)

Nanoteknologian tietämyksellä voidaan ratkaista monitieteellisiä ongelmia. (Hwang, Singh & Argote, 2019) Nanoteknologiaa voidaan siis soveltaa moneen ja sitä tulisi rohkeasti lähteä kehittämään myös uusille tieteenaloille. Nanoteknologian kentän monialaista evoluutiota on pyritty ymmärtämään histogramisella scientometrialla. (Hassan & Loebbecke, 2017) Nanoteknologia on sisällöltään muuttunut runsaasti, kun uusia kehitysasteita ja innovaatioita on tullut vastaan.

Tietojärjestelmätieteen tulisi kehittää teorioita uusista ja monimutkaisista teknologioista,

kuten nanoteknologiasta. (Orlikowski & Iacono, 2001) Kuten aiemmin mainittua, tietojärjestelmätieteen keskeisin asia on ajateltu olevan juurikin erilaiset teknologiat, IT-esineet. Tieteenalalla on kuitenkin keskitytty paljon muista asioista teorioimiseen ja ymmärrys tästä uudesta teknologiasta on siksi jäänyt vähäiseksi. Olisikohan siis aiheellista kehittää nanoteknologiaan syvällisemmin sukeltavia teorioita?

Nanoteknologialla katsotaan olevan merkittäviä sosiaalisia vaikutuksia. (Zuboff, 2015) Teknologiat ovat sosiaalisia ilmiöitä ja ne nousevat yhteiskunnasta ja ne myös mahdollistuvat sosiaalisen hyväksynnän kautta. Nanoteknologialla ja sen sosiaalisella ympäristöllä, johon se on kehittynyt ja edelleen kehittyä on lukuisia ongelmia. Nanoteknologian ei itsessään sanota olevan joidenkin sosiaalisten ongelmien syy, vaan sillä ympäristöllä, johon se nivoutuu, on myös oma vastuunsa. Tällaisia ongelmia ovat esimerkiksi epätasa-arvoinen pääsy terveydenhuoltoon, koulutukseen, teknologiaan ja epätasa-arvoiset mahdollisuudet tietoturvaan ja naisten ja vähemmistöryhmien pieni edustus insinööritieteissä ja akateemisilla urilla. (Sandler, 2009)

Nanoteknologia nähdään olevan osa kaiken internetiä ja Big Dataa. (Zuboff, 2015) Big Datan viiden V:n malli määrittelee Big Datan koostuvan seuraavista ominaisuuksista: jättimäinen määrä dataa, dataa on monenlaista ja se tulee useista lähteistä, data on kerätty reaaliajassa, data on totuudenmukaista ja siitä on hyötyä useille eri teollisille ja akateemisille aloille. (Ge, Bangui & Buhnova, 2018) Big datan merkittävänä lähteenä nähdään tietokonevälitteisen talouden erilaiset transaktiot. Toinen lähde, jonka ajatellaan kasvavan eksponentiaalisesti, on miljardien sensoreiden keräämä data. (Zuboff, 2015) Nanoteknologialla on ollut osansa näiden sensoreiden kehittämisessä ja erityisesti niiden koon pienentämisessä. Näitä sensoreita on aivan kaikkialla ja tässä yhteydessä päästään termiin Internet of Everything eli kaiken internet. Lähiaikojen kehitysasteleht yhteydenpitovälineissä ja älykkäiden laitteiden yleisyys, jotka pystyvät kommunikoimaan ja vaihtamaan hurjia määriä informaatiota, ovat muuttamassa ympäristöämme kaiken internetiksi. Kaiken internet yhdistää asioita, dataa, ihmisiä ja prosesseja. (Di Martino, Li, Yang & Esposito, 2017)

Nanoteknologia mahdollistaa teknologisten laitteiden koon pienenemisen merkittävästi. (Amaravadi, 2003) Nanoteknologialla pyritään vastaamaan modernin maailman, jossa tietokoneen käyttö on suurta, kasvaviin vaatimuksiin. Tutkijat kehittävät ja valmistavat pienempiä, nopeampia ja luotettavampia tietokoneita kuin koskaan aikaisemmin. (Ullah, 2013)

5 YHTEENVETO

Nanoteknologian tutkimus tietojärjestelmätieteessä on vasta kehittymässä ja aiheeseen liittyviä tutkimuksia on julkaistu hyvin vähän. Tähän voi vaikuttaa osin se, että nanoteknologia itsessään on melko uusi teknologia ja sen sovelluksia on runsaasti kehitetty muilla tieteenaloilla, kuten lääketieteessä. Tutkimuskysymykseen pystyttiin kuitenkin tutkimuksessa vastaamaan kirjallisuuskatsauksen keinoin. Tutkimuskysymyksenä tutkimuksessa oli: Miten nanoteknologiaa on tutkittu tietojärjestelmätieteen korkeatasoisimmissa julkaisuissa?

Tietojärjestelmätieteen korkeatasoisimpia julkaisuja tutkimalla löytyi muutamia nanoteknologiaa koskevia näkökulmia. Nanoteknologian ymmärretään synnyttävän suuria määriä dataa ja se on johtanut informaatioähkyyn, johon on pyritty etsimään ratkaisua Nano Mapper -järjestelmän avulla. Nanoteknologian nähdään olevan kehittynyt tieteenala, kun katsellaan alalla julkaistuja patentteja ja niiden määriä. Sen historia on monialainen ja sen tietämyksellä voidaan ratkaista monipuolisia ongelmia monilla aloilla. Nanoteknologiasta voi siis olla ratkaisuun useita, tärkeitä ongelmia.

Kirjallisuuskatkauksessa ilmeni, että tietojärjestelmätieteen tulisi kehittää enemmän teorioita itse IT-esineistä, sillä sen nähdään olevan tietojärjestelmätieteen ydin. Nanoteknologia lukeutuu näihin esineisiin ja siitä olisi tarpeellista teorioida, sillä se on uusi ja mahdollisesti vaikutusvaltainen teknologia. Nanoteknologia vaikuttaa tietojärjestelmätieteeseen myös siten, että se on mahdollistanut erilaisten laitteiden koon pienenemisen ja uusien laitteiden syntymisen. Nanoteknologia on myös osana Big Dataa ja kaiken internetiä, jotka muuttavat ympäris-

töämme jatkuvasti.

Tietojärjestelmätieteen julkaisuissa ei juuri puhuta nanoteknologian haitoista, joista muilla aloilla on tehty tutkimusta. Eräässä julkaisussa otettiin kantaa nanoteknologian sosiaalisiin vaikutuksiin ja ongelmiin, mutta millaisia muita haittoja nanoteknologialla voi olla? Tulevaisuudessa olisi hyvä tutkia nanoteknologian haittoja, mutta myös sen mahdollisuuksia juuri tietojärjestelmätieteessä.

LÄHTEET

- Amaravadi, (2003) *The world and business computing in 2051*, The Journal of Strategic Information Systems, Volume 12, Issue 4, 2003, Pages 373-386, ISSN 0963-8687, <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2001.11.012>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963868703000520>)
- Ansari & Gupta, (2014). *Nano Technology for Computer Science: Scope and Opportunities*. International Journal of Electronic and Electrical Engineering, 7, 213-218.
- Avison & Elliot, (2006). *Scoping the discipline of information systems*. Information systems: the state of the field, 3-18.
- Baskerville & Myers, (2002). *Information Systems as a Reference Discipline*. MIS Quarterly, 26(1), 1-14. doi:10.2307/4132338
- Bayda, Adeel, Tuccinardi, Cordani & Rizzolio, (2020). *The history of nanoscience and nanotechnology: From chemical–physical applications to nanomedicine*. Molecules, 25(1), 112.
- Bhushan, (2017) *Introduction to Nanotechnology*. In: Bhushan B. (eds) Springer Handbook of Nanotechnology. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54357-3_1
- Briggs & Nunamaker, (2012). *Special Section: Creating Value with Information*. Journal of Management Information Systems, 28(4), 7-10. Retrieved December 14, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/41713855>
- Chen, Roco, Li & Lin, (2008). *Trends in nanotechnology patents*. Nature nanotechnology, 3(3), 123-125
- Chrisanthi, (2000). *Information systems: What sort of science is it?*. Omega. 28. 567- 579. 10.1016/S0305-0483(99)00072-9.
- Dang, Zhang, Chen, Brown, Hu & Nunamaker (2012) *Theory-Informed Design and Evaluation of an Advanced Search and Knowledge Mapping System in Nanotechnology*, Journal of Management Information Systems, 28:4, 99-128, DOI: 10.2753/MIS0742-1222280405
- Di Martino, Li, Yang & Esposito, (Eds.). (2017). *Internet of everything: Algorithms, methodologies, technologies and perspectives*. Springer.
- Ezziane, (2005). *DNA computing: applications and challenges*. Nanotechnology, 17(2), R27.
- Feynman, (1959), *Plenty of Room at the Bottom*
- Friedersdorf & Spadola, (2020) *Introduction to Nanotechnology*. In: Norris P., Friedersdorf L. (eds) Women in Nanotechnology. Women in Engineering and Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19951-7_1

- Ge, Bangui & Buhnova, (2018). *Big data for internet of things: a survey*. Future generation computer systems, 87, 601-614.
- Hassan & Loebbecke. (2017) *Engaging Scientometrics in Information Systems*, Journal of Information Technology, 32:1, DOI:10.1057/jit.2015.29
- Heeks, (2010). *Where next for ICTs and international development*. ICTs for development, 29-74.
- Hwang, Singh & Argote. (2019) *Jack of All, Master of Some: Information Network and Innovation in Crowdsourcing Communities*, Information Systems Research, 30, Available at: <https://doi.org/10.1287/isre.2018.0804>
- Journals AIS (17.01.2021) *Journals AIS*. Haettu osoitteesta <https://web.archive.org/web/20110619034414/http://home.aisnet.org/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=346>
- Li, Chen, Zhang, Li & Nunamaker, (2009). *Managing Knowledge in Light of Its Evolution Process: An Empirical Study on Citation Network-Based Patent Classification*. Journal of Management Information Systems, 26(1), 129-153. Retrieved December 14, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/40398969>
- Lynne & Silver (2008) *A foundation for the study of IT Effects: A New Look at DeSanctis and Poole's Concepts of Structural Features and Spirit*, Journal of the Association of Information Systems: Vol. 9 : Iss. 10, Article 5. DOI: 10.17705/1jais.00176 Available at: <https://aisel.aisnet.org/jais/vol9/iss10/5>
- Maghrebi, Abbasi, Amiri, Monsefi & Harati (2011), *A Collective and abridged lexical query for delineation of nanotechnology publications*, AKJournals, Volume 86, Issue 1, 2011, Pages 15-25, <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0304-7>
- Mavroidis & Ferreira, (Eds.). (2013). *Nanorobotics: current approaches and techniques*. Springer Science & Business Media.
- Nayyar, Puri & Le, (2017). *Internet of nano things (IoNT): Next evolutionary step in nanotechnology*. Nanoscience and Nanotechnology, 7(1), 4-8.
- Orlikowski & Iacono. (2001) *Research Commentary: Desperately Seeking the "IT" in IT Research - A Call to Theorizing the IT Artifact*, Information Systems Research, 12:2, Available At: <https://doi.org/10.1287/isre.12.2.121.9700>
- Poole & Owens (2010). *Introduction To Nanotechnology*. New Delhi: Wiley India.
- Roetzel, (2019). *Information overload in the information age: a review of the literature from business administration, business psychology, and related disciplines with a bibliometric approach and framework development*. Business research, 12(2), 479-522.
- Saleh, (2017). *Nanotechnology in oil and gas industries: principles and applications*. Springer.
- Sandler, (2009). *Nanotechnology: the social and ethical issues*.
- Schaming & Remita, (2015) *Nanotechnology: from the ancient time to nowadays*. Found Chem 17, 187-205 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10698-015-9235-y>

- Scheu, Veeffkind, Verbandt, Galan, Absalom & Förster, *Mapping nanotechnology patents: The EPO approach*, World Patent Information, Volume 28, Issue 3, 2006, Pages 204-211, ISSN 0172-2190, <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2006.03.005>.
- Sidorova, Evangelopoulos, Valacich & Ramakrishnan, (2008). *Uncovering the Intellectual Core of the Information Systems Discipline*. MIS Quarterly, 32(3), 467-482. doi:10.2307/25148852
- Silva GA, (2004) *Introduction to nanotechnology and its applications to medicine*. Surg Neurol. 2004 Mar;61(3):216-20. doi: 10.1016/j.surneu.2003.09.036. PMID: 14984987.
- Snyder & Byrd, (2017). *The internet of everything*. IEEE Computer Architecture Letters, 50(06), 8-9.
- Sparrow, (2009). *The social impacts of nanotechnology: An ethical and political analysis*. Journal of Bioethical Inquiry, 6(1), 13-23.
- Sunadh, Sridevi, Joy & Joy, (2018) *Applications of Nanotechnology -Review*. Inter-national Journal of Advanced Science and Engineering, 7:1, 1633-1641
- Suomalainen & Hakkarainen, *Nanoteknologia ja ympäristönsuojelu*, (Finnish) Ministry of the Environment YMr11/2008, 2008.
- Taylor, Dillon & Van Wingen, (2010). *Focus and diversity in information systems research: Meeting the dual demands of a healthy applied discipline*. Mis Quarterly, 647-667.
- Thiruchelvi, Sikdar, Das & Rajakumari, (2020). *Nanobots in Today's World*. Research Journal of Pharmacy and Technology, 13(4), 2031-2037.
- Ullah, (2013). *Nanotechnology and its impact on modern computer*. Global Journal of Research In Engineering, 12(4-J).
- Usman, Farooq, Wakeel, Nawaz, Cheema, Rehman, ... & Sanaullah, (2020). *Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities*. Science of the Total Environment, 721, 137778.
- Vazques-Munoz & Lopez-Ribot, (2020) . *Nanotechnology as an Alternative to Reduce the Spread of COVID-19*. Challenges 2020, 11, 15
- Vessey, Ramesh & Glass (2002) *Research in Information Systems: An Empirical Study of Diversity in the Discipline and Its Journals*, Journal of Management Information Systems, 19:2, 129-174, DOI: 10.1080/07421222.2002.11045721
- Wang, (2013). *Nanomachines: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons. About AIS. (17.01.2021) About AIS. Haettu osoitteesta <https://ais-net.org/page/AboutAIS>
- Zuboff, (2015) *Big other: Surveillance Capitalism and the Prospects of an Information Civilization*, Journal of Information Technology, 30 , DOI: <https://doi.org/10.1057/jit.2015.5>