

Joonas Yli-Huhtala

ÄLYKÄS KAUPUNKI PANDEMIOIDEN HALLITSEMISESSA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Jukka Puhto
5/2021

TIIVISTELMÄ

Joonas Yli-Huhtala: Älykäs kaupunki pandemioiden hallitsemisessa
Kandidaatin työ
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2021

Älykaupungit (engl. Smart Cities) ovat herättäneet tieteellisessä yhteisössä keskustelua jo 1990-luvun alusta saakka. Tieteellisiä artikkeleita on alettu tuottamaan aiheesta enenemissä määrin 2010 -luvulla. Pandemiat ja erityisesti Covid-19 haastoivat kaupunkien toimintakyvyn ja monet tutkijat esittävät älykaupunkeja ratkaisuksi tulevaisuuden pandemioiden varalle. Tutkimuksessa tarkastellaan älykkäitä kaupunkeja pandemioiden hallinnan näkökulmasta. Lisäksi tavoitteena on selvittää millaisia älykaupungit ovat ja mitä teknologioita niissä hyödynnetään.

Työ tehdään kirjallisuustutkimuksena edellisessä kappaleessa mainituista aihepiireistä ja se jakaantuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään älykästä kaupunkia ja sen teknologioita yleisesti. Työssä havaittiin, että älykkään kaupungin tutkimus on hyvin sirpaloitunutta eikä tieteellinen yhteisö ole päässyt yhteisymmärrykseen älykaupunki-konseptin merkityksestä. Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin länsimaalaisten ja Kiinan älykaupunkien eroja. Ensimmäisen osan lopussa käydään läpi älyteknologiaa ja niiden sovelluksia, erityisesti älykästä logistiikkaa, terveydenhuoltoa ja valvontaa.

Toisessa osassa käsitellään älykästä kaupunkia pandemioiden näkökulmasta. Tutkimuksen mukaan pandemiat vaikuttavat selvästi talouteen negatiivisesti vapaan liikkumisen, turismin ja vähittäistavarakaupan vähenemisenä. Lisäksi tutkimuksessa käsiteltiin tarkemmin Etelä-Korean menetelmiä Covid-19-viruksen torjumiseen. Etelä-Korea onnistui torjumaan pandemian ja välttymään suuremmilta taloudellisilta menetyksiltä osaltaan kehittyneen älykaupunkistrategian avulla. Tutkimus osoittaa, että erityisesti Esineiden Internetin (IoT) avulla yksittäisten henkilöiden sijainnin määrittäminen ja edelleen tartuntojen paikantaminen olivat suuressa roolissa viruksen hallitsemisessa. Tällainen menettelytapa ei kuitenkaan sovellu kaikille maille yksityisyyden suojan takia.

Tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että kaupunkien solmukohtiin, kuten metroasemiin ja lentokenttiin, on tarkoituksen mukaista perustaa seulontapisteitä, joiden avulla oireilevat ihmiset voidaan tutkia ja laittaa karanteeniin. Reaaliaikainen datan keruu tällaisista paikoista edesauttaa pandemian hallitsemista. Lopuksi tutkimuksessa havaittiin kaksi erilaista toteutusmuotoa älykaupunkeille: teknokraattinen ja ihmislähtöinen. Teknokraattisessa toteutusmuodossa valvonta on äärimmäistä ja ihmisten perusoikeuksia saatetaan loukata yhteisen hyvän vuoksi. Ihmislähtöisessä toteutusmuodossa taas ihmisten yksityisyydensuoja korostuu.

Avainsanat: älykaupunki, älykkäät kaupungit, älyteknologiat, pandemiat, covid-19

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	2
1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus	2
2. ÄLYKÄS KAUPUNKI	3
2.1 Millainen on älykäs kaupunki?	3
2.1.1 Älykkään kaupungin määritelmä	3
2.1.2 Kiinan älykaupungit	4
2.1.3 Länsimaalaisten demokratioiden älykaupungit	5
2.2 Älyteknologiat	6
2.3 Älyteknologioiden sovelluksia	6
2.3.1 Älykäs terveydenhuolto	6
2.3.2 Älykäs logistiikka ja liikenne	7
2.3.3 Älykäs valvonta	8
2.4 Älykkään kaupungin tulevaisuudennäkymät	8
3. ÄLYKÄS KAUPUNKI JA PANDEMIAT	10
3.1 Pandemioiden vaikutukset kaupunkeihin ja valtioihin	10
3.2 Covid-19 ja pandemian ehkäisy Etelä-Koreassa	10
3.3 Pandemioiden hallinta älykkään kaupungin avulla	12
3.4 Kaupungin toimintamallit	12
3.4.1 Teknokraattinen kaupunki pandemian hallinnassa	12
3.4.2 Ihmislähtöinen kaupunki pandemian hallinnassa	14
3.4.3 Teknokraattisen ja ihmislähtöisen kaupungin yhdistelmä	14
4. JOHTOPÄÄTÖKSET	15
LÄHTEET	17

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Vuosien 2019–2020 taitteessa Covid-19 pandemia haastoi kaupunkien ja maiden kykyä ehkäistä ja rajoittaa pandemian leviämistä. Esimerkiksi Italian talous romahti Covid-19-pandemian takia, kun taas Etelä-Koreassa elämä jatkui normaalisti. Vaikkakin suurimpana syynä pandemian hallitsemiseen Etelä-Koreassa on esitetty suurta testauskapasiteettia, niin merkittävä rooli on myös älykaupunkiteknologioiden hyödyntämisellä (Sonn & Lee 2020a).

Sonn ja Lee (2020a, s. 484) esittävät, että älykkäiden kaupunkien kyky paikantaa tartunnan saaneet tiettyyn aika-paikkakarttaan auttoi merkittävästi Etelä-Korean Covid-19-tilanteen hallinnassa. Aika-paikkakartalla tarkoitetaan kaupungin karttaa, josta voidaan löytää tartuntaryppäät tarkasti ajan suhteen. Tämän mahdollisti kolme älykästä teknologiaa: luottokorttimaksut, valvontakamerat ja älypuhelimet. Näiden teknologioiden avulla pystytään tarkasti määrittämään ihmisten olinpaikat ja edelleen rajaamaan juuri oikeat potilaat testaukseen. (Sonn & Lee 2020a)

Tutkimuksessa keskitytään muun muassa näihin älykkäisiin teknologioihin. Näiden lisäksi käsitellään, mikä tekee kaupungista älykaupungin ja miten älykaupungissa voidaan hallita pandemioita. Kuten Covid-19-pandemia on monille yhteiskunnille osoittanut, voivat pandemiat herkästikin häiritä kaupunkien toimintaa ja valtioiden talouksia. Älykaupunkien tutkiminen on siis hyvinkin tärkeää, jotta jatkossa voidaan varautua, ennaltaehkäistä ja hoitaa pandemioiden aiheuttamia negatiivisia ilmiöitä.

Pandemiat ja tartuntataudit ovat olleet globaali uhka kansanterveydelle. Esimerkiksi lintuinfluenssa, ebola, sikainfluenssa, MERS (Middle East Respiratory Syndrome), SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) ja nyt covid-19 ovat haastaneet yhteiskunnat reagoimaan oikealla tavalla. Modernit valtiot tiheine kaupunkeineen tarvitsevat keinoja turvata kaupunkien toimivuuden globaalissa talouden viitekehyksessä, jossa pienetkin häiriöt aiheuttavat suuria vahinkoja. Älykaupungit ovat yksi ratkaisu tähän ongelmaan. Kuten Kickbusch ja Sakellari-des (2006) kuvailevat, epidemiaan varautuminen ei ainoastaan vaadi viruksen ymmärtämistä vaan tarvitaan tietotaitoa kaupunkien, organisaatioiden, yhteisöjen ja yksilöiden toiminnasta.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää älykaupungin ominaisuuksien hyödyt pandemioita hallittaessa. Lisäksi tutkimuksessa käsitellään älykaupunkien eri teknologioita, niiden sovelluskohteita ja erilaisia älykaupunkeja.

Pääkysymykseksi tutkimuksessa nousee, miten älykaupunkitekniikoiden avulla hallitaan pandemioita. Alakysymyksiä tutkimuksessa ovat

- Millainen on älykäs kaupunki?
- Mitä teknologioita se hyödyntää?
- Miten älykaupungissa hallitaan pandemioita näiden teknologioiden avulla?

Aiheen kirjallisuus on pirstaloitunutta ja hyvin maakohtaista. Älykaupunki-hankkeita on kehitetty ympäri maailman, mutta tässä tutkimuksessa aihetta käsitellään Kiinan, Etelä-Korean, Euroopan ja Pohjois-Amerikan näkökulmasta. Tutkimuksessa selvitetään, miten älyteknologiaa on sovellettu kaupunkien logistiikan, sairaanhoidon ja valvonnan osa-alueilla. Aihe rajautuu Covid-19-pandemiaan, joka toimii hyvänä esimerkkinä tulevien pandemioiden ehkäisyn kannalta.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus

Tutkimus suoritetaan kirjallisuustutkimuksena. Älykaupungeista löytyy runsaasti tieteellisiä artikkeleita. Työ tehdään suomen kielellä, vaikkakin suurin osa lähdeaineistosta on englanninkielisiä tieteellisiä artikkeleita.

Tilastot eri suurkaupunkien pandemioiden leviämisestä ja ehkäisystä auttavat ymmärtämään älykkään kaupungin tehokkuutta pandemioiden hallinnassa. Haastatteluja ja kyselyjä ei tässä tutkimuksessa suoriteta. Kirjallisuusaineistoa etsitään käyttämällä relevantteja käsitteitä, kuten Smart City, smart cities, pandemic, Covid-19, applications, Internet of things, virtual care ja MERS. Tietoa haetaan Andor ja Google Scholar hakupalveluista käyttämällä yhdistelmiä edellä mainituista käsitteistä.

Pelkästään hakulausekkeelle "smart cities" OR "smart city" AND "pandemic*" OR covid-19 löytyy Andorista 944 vertaisarvioitua artikkelia, raporttia ja konferenssijulkaisua. Tästä rajamalla aihetyökälulla pois vääränlaiset aihepiirit, saatiin hakutuloksia 501. Edelleen rajaamalla englanninkieliset julkaisut, jotka ovat saatavilla verkossa tai yleisölle avoinna, saatiin hakutuloksia 354 vuosille 2015-2021. Tutkimuskysymyksiin liittyvän kirjallisuuden avulla aihetta lähdetään tutkimaan älykaupunkien, älyteknologioiden ja pandemioiden hallinnan näkökulmasta.

2. ÄLYKÄS KAUPUNKI

2.1 Millainen on älykäs kaupunki?

2.1.1 Älykkään kaupungin määritelmä

Smart City, suomeksi älykäs kaupunki tai älykaupunki, on konsepti, jota on kehitelty jo 1990-luvulta lähtien (Caragliu et al. 2011, s. 69). Termiin liittyy paljon erilaisia tulkintoja alan kirjallisuudesta, eikä tieteellinen yhteisö ole vielä päässyt yhteisymmärrykseen älykkään kaupungin määritelmästä (Nam&Pardo, 2011; Li et al. 2019). Kirjallisuustutkimusta tehdessä esille nousi monia eri määritelmiä tai kuvauksia älykkäästä kaupungista. Caragliu et al. (2011) käsittävät älykaupungin sellaiseksi, joka investoi sosiaaliseen pääomaan, perinteiseen liikenteeseen ja moderniin tietotekniikkaan kaupungin infrastruktuurin kehittämisessä. Nam ja Pardo (2011) esittävät määritelmässään, että älykaupunki kerää ja jakaa dataa tehdäkseen parempia päätöksiä. Harrison et al. (2010) määrittelevät infrastruktuurin jakautuvan fyysiseen, sosiaaliseen, taloudelliseen ja tietotekniikalliseen teemaan, jotka toimivat yhdessä muodostaen kollektiivisen älykkään kaupungin.

Koska tässä tutkimuksessa keskitytään pandemioiden hallitsemiseen älykkäissä kaupungeissa, rajataan älykäs kaupunki seuraavassa kappaleessa Damerin (2013) ja Rochen (2014) määritelmien mukaan.

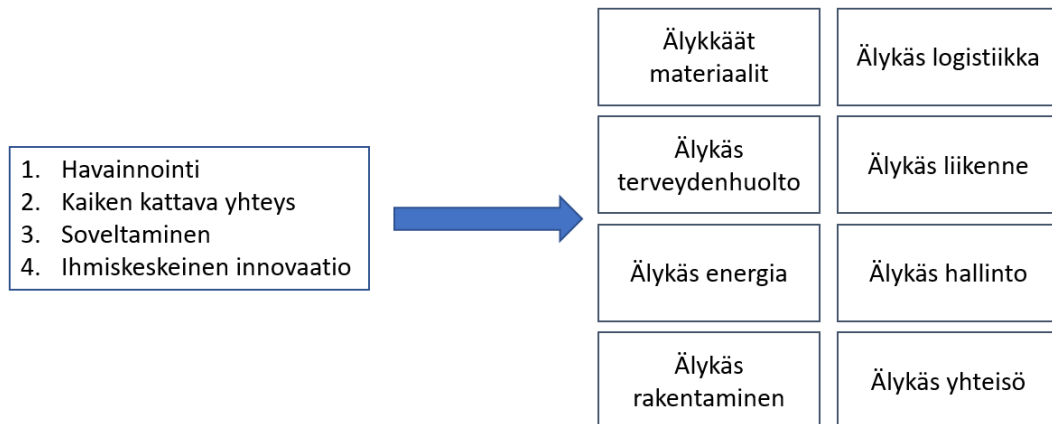
Älykäs kaupunki on selkeästi rajattu maantieteellinen alue, jossa huipputeknologioita (älykkäitä teknologioita) käytetään hyvinvoinnin, osallistamisen, ympäristöllisen laadun ja älykkään kehityksen osa-alueella luomaan hyötyä kaupunkilaisille. Kaupungilla on selkeät tavoitteet, joiden avulla hallinto ja kehitystyö toimivat (Dameri, 2013). Sillä on lisäksi neljä ulottuvuutta (Roche, 2014):

- sosiaalinen
- informatiivinen
- avoin hallinto
- jatkuvasti mukautuva kaupunkikehitys.

Älykaupungin infrastruktuuri pohjautuu viestintä- ja tietotekniikkaan, joiden internetverkkojen ja antureiden avulla optimoidaan ja seurataan kaupungin rutiinitoimenpiteitä, kuten liikennettä, sairaanhoitoa, kiinteistönhoitoa ja ympäristöllisiä asioita (Hernández-Muñoz et al. 2011, s. 450).

2.1.2 Kiinan älykaupungit

Kiinan kaupunki- ja maaseudun kehittämisen ministeriö on hyväksynyt 290 älykaupungin kehityshanketta vuodesta 2013. Kaikki 290 eivät tosin ole kaupunkeja, vaan kehityshankkeita suurkaupunkien, pienkaupunkien ja seutujen tasolla. Kiinassa älykaupunkien kehittämisellä on kahdeksan tavoitetta (kuva 1). (Zhu et al., 2019)



Kuva 1: Kiinan älykkään kaupungin päämäärät. Perustuu lähteeseen Zhu et al. (2019)

Kiinan hallitus arvioi älykkäiden kaupunkien suoritumista vuosittain ja raportit ovat julkisia. Lisäksi hallinto on ottanut proaktiivisen roolin älykkäiden teknologioiden kehittämisessä. Se rahoittaa älykkäiden teknologioiden tutkimusta tehdäkseen kaupunkien infrastruktuurista älykkäämpää ja kestävämpää. Vaikkakin Kiinalla on hierarkkinen hallintorakenne, on se enemmässä määrin lisännyt kansalaisten osallistamista älykkäiden kaupunkien suunnittelussa. (Hu & Zheng, 2021)

Hyvä esimerkki älykkään energian osa-alueella Kiinassa on Beijingissä toteutettu älykäs vedenjakelujärjestelmä (SCADA), jolla energian kulutusta saatiin laskettua 52 %. Projekti maksoi itsensä takaisin vain 18 kuukaudessa. (Aoun, 2013)

Kiinan älykaupunkien tavoitteet eivät ole kuitenkaan vailla kritiikkiä. Li et al. (2019a) esittävät, että kehittäessä älykkäitä systeemejä (älykäs terveydenhuolto, logistiikka ja niin edelleen) niissä ilmenee herkästi resurssillisia monopoleja ja ristiriitaisuuksia datan käsittelyssä. Koska projektit ovat itsenäisiä, saattaa niiden välille syntyä korjaamattomia eroja, jolloin ne eivät ole synkronoituja keskenään. Li et al. (2019a) esittävät ongelman ratkaisuksi järjestelmää, jossa nämä kaikki älykkään kaupungin osa-alueet ovat yhteydessä keskenään.

Syynä älykaupunkien suureen suosioon voidaan mahdollisesti pitää valtavaa kaupungistumispiikkiä, mikä Kiinassa on nähty viimeisten vuosikymmenten aikana. Vuonna 2015 Kiinan kaupungeissa asui jo 56,1 % väestöstä eli 0,77 miljardia ihmistä (National Bureau of Statistics of PRC, 2015). Kiinan 2010 vuoden 5-vuotissuunnitelmassa käy ilmi strategia älykaupunkien rakentamisesta.

2.1.3 Länsimaalaisten demokratioiden älykaupungit

Koska kaupungistuminen on ollut voimakasta länsimaisissa demokratioissa, kuten Yhdysvalloissa ja Euroopan valtioissa, on älykkäiden kaupunkien konsepti rantautunut myös näihin maihin. Euroopassa kaupungeissa ja kaupungin laitamalla asuu jo 70,9 % väestöstä (Eurostat, 2020). Yhdysvalloissakin kaupungistuminen on nouseva trendi (Urban Population, 2021).

EU:n komission tekemän tutkimuksen mukaan, älykkäät kaupungit käyttävät ICT-järjestelmiä ratkaistakseen julkisia ongelmia moniosaisten sidosryhmien kesken. Tutkimuksessa älykäs kaupunki jaettiin seuraaviin osa-alueisiin:

- älykäs hallinto
- älykäs talous
- älykäs liikkuvuus
- älykäs ympäristö
- älykkäät ihmiset
- älykäs eläminen.

Euroopan ja Kiinan älykaupunkien määritelmässä voidaan löytää selviä yhtymäkohtia, mutta näiden teknologioiden toteutustavat eriävät suuresti. Koska Kiinan motiivina älykkäiden kaupunkien kehityksessä on talouden kasvattaminen, EU:n komission (European parliament, 2020) mukaan Euroopan Unionin motiivina on pysyä kilpailevien talousalueiden mukana.

2.2 Älyteknologiat

Älykkäät kaupungit käyttävät hyödykseen erilaisia älyteknologioita. Älyteknologiat pohjautuvat vahvasti esineiden Internetiin (IoT, Internet of Things), jossa tiedonsiirto tapahtuu automaattisesti eri osapuolten välillä. (Suresh et al., 2014)

Heti Internetin synnyn jälkeen asioiden verkottaminen Internetissä aloitettiin, jolloin IoT alkoi kehittyä sellaiseksi, jollainen se on nykypäivänä (Suresh et al., 2014). IoT laitteiksi voidaan luokitella esimerkiksi sensorit, prosessorit, älykellot, puhelimet, tietokoneet ja sähköelektronikka. Nämä laitteet voivat kerätä dataa eri lähteistä, analysoida sitä ja lähettää sitä eteenpäin tulkittavaksi. (Kummitha, 2018)

IoT voidaan käsittää alustaksi, jossa tekoäly, koneoppiminen ja algoritmit suorittavat analyysia eri ongelmista. Koneoppimisella tarkoitetaan algoritmien hyödyntämistä suurten datamäärien analyysissa. Nämä algoritmit luodaan siten, että ne pyrkivät löytämään yhteyksiä eri muuttujien välille suuresta tietoaaineistosta. Prosessi on usein iteratiivista ja se toistaa itseään niin kauan, kunnes uusia yhteyksiä lähdeaineiston datasta löytyy. Datamäärän kasvaessa järjestelmän suorituskyky paranee. (Baloglu et al., 2021; Machine Learning, 2021) Kaplan ja Haenlein (2019) määrittelevät tekoälyn järjestelmäksi, joka kykenee oikeaoppisesti tulkitsemaan ulkoista dataa ja oppimaan siitä. Oppimansa perusteella tekoäly pystyy saavuttamaan tavoitteita, tekemään tehtäviä ja sopeutumaan tarpeen mukaan (Kapla & Haenlei, 2019)

2.3 Älyteknologioiden sovelluksia

2.3.1 Älykäs terveydenhuolto

Pandemioiden aikana yksi suurimmista ongelmista on sairaaloiden ylikuormitus. Jos tartuntoja syntyy liikaa, sairaaloiden testaus- ja hoitokapasiteetti eivät riitä väestön hoitamiseen (Weissman et al., 2020). Webb ja Toh (2020) esittävät, että älykkäät kaupungit pystyvät seuraamaan potilaslukuja. Älykkäät kaupungit voivat myös ennakoida hoitokapasiteetin ylittymistä siirtämällä potilaita sairaaloihin, joissa on enemmän tilaa (Webb & Toh, 2020).

Hossain et al. (2019) kuvailevat älykästä terveydenhuoltoa sellaiseksi, missä kaupungin asukkaat käyttävät hyödykseen sensoreita, älykkäitä yhteyksiä ja muita verkostoja ollakseen vuorovaikutuksessa eri sidosryhmien, kuten lääkäreiden, fysioterapeuttien ynnä muiden, kanssa. Lisäksi terveydenhuoltohenkilöstö pääsisi tarkastelemaan potilaiden terveysdataa reaaliajassa älykkään terveydenhuollon avulla. Terveysdataa kerätään pilvituettujen kyberfysisten järjestelmien avulla, jotka keräävät dataa eri järjestelmistä. (Hossain, 2017)

Ongelmaksi terveysdatan keräämisessä ja analysoinnissa nousee datan yksityisyys. Allam ja Jones (2020) esittävät, että tartunnat lähtevät leviämään aluksi kaupunkien solmupisteissä, kuten lentokentiltä tai metroasemilta. Tällaisilla alueilla on asennettuina valvontateknologioita, joiden avulla oireilevia henkilöitä voidaan tunnistaa ja asettaa karanteeniin. Sairaanhoidollisen datan kerääminen on anonymisoitava, jotta noudatetaan tietosuoja- ja turvallisuusvaatimuksia. Salaamisen mahdollistamiseksi kirjallisuudessa esitetään käytettäväksi lohkoketju- ja kvanttisalausteknologioita (Allam & Jones, 2020).

Valvontateknologioita valmistaa ja myy suuri kirjo eri yrityksiä, jotka yrittävät saada kaupungit käyttämään ainoastaan heidän tuotteitansa yrityksen omien intressien takia (Allam, 2019). Tokars et al. (2004) kertovat Pohjois-Amerikassa tehdystä järjestelmästä, joka yhdistää kaikki valvontateknologiat toimimaan saumattomasti yhdessä. Datan ja informaation jakamisen täytyy olla saumatonta esimerkiksi siten, että laitteet ja systeemit ovat linkitetty samaan yksityiseen verkkoon (Allam et al, 2020). Tällöin haasteet datan keruussa ja sen tarkkuudessa saadaan hävitettyä kokonaan, Allam et al. (2020) esittävät.

2.3.2 Älykäs logistiikka ja liikenne

Webb ja Toh (2020) esittävät artikkelissaan, että älykkään logistiikan avulla voidaan seurata ostokäyttäytymistä ja tämän avulla tunnistaa epätavallisia ilmiöitä. Yleinen ilmiö pandemian aikana on elintarvikkeiden hamstraaminen (Baddeley, 2020). Kun hamstraamisilmiö huomataan ajoissa, voidaan hamstraamisen kohteeksi joutuneiden elintarvikkeiden myyntiä rajoittaa kotitalouksille. Ostoskäyttäytymisen monitorointia voidaan tehdä seuraamalla kauppojen tavaraliikennettä keräämällä dataa lähtevästä ja tulevasta tavarasta.

Lisäksi Webb ja Toh (2020) korostavat sähkö-, vesi-, polttoaine- ja telekommunikaatioverkkojen sulavan toimivuuden tärkeyttä pandemioidenkin aikana. Pandemian aikana nämä verkostot saattavat ruuhkautua tai kunnossapitohenkilöstö sairastua, jolloin älykäs logistiikka yhdessä IoT:n kanssa auttaa seuraamaan ja priorisoimaan resurssien käyttöä.

Fyysiset laitteet, tienvarsianturit, älykkäät liikennevalot ja yhdistetyt autot muodostavat älykkään logistiikan viitekehysten. Ne pystyvät tallentamaan reaaliaikaisesti dataa ja vaihtamaan viestejä lähellä olevien kohteiden kesken. Tämän jälkeen oleellista informaatiota voidaan ladata pilvipalveluihin prosessoitavaksi. Tavoitteena on tila, jossa ajoneuvot, infrastruktuuri ja ympäröivä maailma voivat kommunikoida keskenään ja jakaa oleellista tietoa, minkä avulla ihmisten on helppo tehdä päätöksiä. Puhutaan V2V (Vehicle to vehicle), V2I (Vehicle to infrastructure) ja V2X (Vehicle to everything) -teknologioista. Lisäksi digitaalisten kaksosten avulla voidaan luoda virtuaalinen vastine fyysisen laitteen rinnalle, löytää ongelmia, lisätä tehokkuutta ja parantaa toimintoja. (Gupta et al., 2020)

Tällaisen viitekehysten muodostamisen mahdollistaa 5G, WiFi, LTE ja DSRC -palvelut. Julkisten ja yksityisten tahojen on välttämätöntä toimia yhdessä, jotta älykkäästä logistiikasta

saadaan toimivaa ja luotettavaa. Älykästä logistiikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi valvomalla kokoontumisrajoituksia lennokkien avulla, ohjata liikennettä vähemmän ruuhkaisiin paikkoihin ja jakaa pysäköintitilaa avoimesti, jotta riskiryhmiin kuuluvat voivat asioida minimaalisella ihmiskontaktilla. Jatkuvalle seurannalle, datan keräämisellä ja reaaliaikaisella yhteydenpidolla voidaan saavuttaa tehokkaampi ja turvallisempi älykaupunki. (Gupta et al., 2020)

2.3.3 Älykäs valvonta

Kokoontumisrajoitusten valvonta saattaa olla hankalaa, sillä se tarvitsee paljon resursseja poliisilta ja viranomaisilta. Älykkään valvonnan avulla kuitenkin esimerkiksi lennokkeihin kiinnitettävillä kehon lämpötila-antureilla voidaan havaita massatapaamisia tai ruuhkaisia alueita, kuten uimarantoja, julkisen liikenteen solmukohtia ja ostoskeskuksia. Lennokki voisi hajuttaa suuria ihmismassoja käskyin, varoituksin ja sireenein. (Gupta et al., 2020, s. 3)

Gupta et al. (2020) ehdottavat, että älykkään pysäköintipaikkojen valvomisen avulla voidaan ehkäistä tartuntatautien leviämistä. Valvomalla pysäköintipaikkojen käyttöasteita voidaan autaja ohjata sellaisille paikoille, joissa tilaa löytyy. Tämä korostuu erityisesti vanhainkotien pysäköintipaikoilla, joiden kuormittuminen olisi riskialttiimpaa kuin esimerkiksi tavaratalojen. Pysäköintipaikkoja voisi rajoittaa tiettyinä kellonaikoina viruksen leviämisen ehkäisemiseksi IoT:hen yhdistettyjen laitteiden, kuten autojen sensorien, avulla (Khanna & Anand, 2016).

2.4 Älykkään kaupungin tulevaisuudennäkymät

Älykkäillä kaupungeilla esiintyy yksityisyysriskejä suurien datamäärien keräämisen takia. Datalla voidaan muodostaa tarkkoja profileja ihmisten jokapäiväisistä rutiineista. Esimerkiksi datavuodot puhelinsovellusten sijaintitiedoista ovat mahdollisia. Vaikkakin kyberfyysisien järjestelmien edut eri lähteiden datojen yhdistelyssä ovat merkittävät, se aiheuttaa riskin arkaluontoisen datan päätymistä väärin käsiin. (Eckhoff&Wagner, 2018)

Sodankäynti ja terrorismi eivät nykyaikana keskity ainoastaan fyysiseen maailmaan, vaan Internetin avulla tehtäviin kyberhyökkäyksiin (Lake, 2019). Älykkäiden teknologioiden ollessa yhteydessä IoT:hen kyberhyökkäysten riskit ovat selvät. Jos esimerkiksi älykkääseen logistiikkaverkkoon hyökkättäisiin, olisivat seuraamukset vakavat. Koska kaupungin järjestelmät ovat yhteydessä toisiinsa, saattaisi kohdennettu kyberhyökkäys levitä koko järjestelmään lamauttaen kaupungin toiminnan monilta osin. (Näsänen, 2020) On siis tärkeää tutkia, miten älykaupungin IoT-järjestelmät voidaan suojata mahdollisimman turvallisesti kyberhyökkäysten varalta.

Datan turvaamisen lisäksi älykaupungeissa saattaa ilmetä ongelmia demokraattisessa päätöksenteossa. Engelbert et al (2019) pohtivat tutkimuksessaan, että älykaupunkien taloudellinen ja byrokraattinen kehittämistapa saattaa vähentää kaupunkilaisten vaikutusmahdollisuuksia kaupungin laatuun. Tätä käsitellään tarkemmin alaluvussa 3.4.1.

3. ÄLYKÄS KAUPUNKI JA PANDEMIAT

3.1 Pandemioiden vaikutukset kaupunkeihin ja valtioihin

Pandemioiden vaikutukset kansantalouksiin ovat suuret: Sikainfluenssan vaikutusten paikallisiin talouksiin on arvioitu olevan noin 7–18 miljardia dollaria, SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) -epidemian kulut on arvioitu olevan noin 12–18 miljardia dollaria ja Ebolan vaikutukset 2,2 miljardia dollaria. Kulut näkyvät turismin heikkenemisessä, liikenteen vähenemisessä ja vähittäistavarakaupan hiipumisena. (Allam, 2020)

Etelä-Korea valmisteli lakeja, uudelleen järjesteli maan tautien hallintajärjestelmä ja lisäsi testauskapasiteettia MERS-cov-viruksen (Middle East respiratory syndrome coronavirus) puhkeamisen seurauksena vuonna 2015 (Inn, 2020). Monissa valtioissa siirryttiin covid-19-pandemian aikana etätöihin ja etäopetukseen sekä ulkonaliikkumiskieltoja laitettiin voimaan. Ihmisten liikkumisen vähenemisellä on toisaalta positiivisia vaikutuksia hiilidioksidi päästöihin, ja ne ovat monin osin hetkellisesti vähentyneet. (Liu et al, 2020)

3.2 Covid-19 ja pandemian ehkäisy Etelä-Koreassa

Etelä-Korean sairaalavuodesuhde 1 000 asukasta kohden on yksi maailman suurimpia. 2000-luvun alusta vuoteiden määrä on kolminkertaistunut. Verrattuna esimerkiksi Suomeen, jossa 2000-luvulta lähtien sairaalavuoteiden määrä on pienentynyt noin 40 %. Sairaaloiden kantokyky oli siis covid-19-viruksen leviämisen alkuvaiheissa jo todella kiitettävällä tasolla, mikä edesauttoi pandemian hallitsemisessa. (OECD, 2017; OECD, 2019)

MERS-epidemian jälkeen rakennettu infrastruktuuri ja sosiaalipoliittinen tilanne edesauttoivat Etelä-Koreaa selviytymään covid-19-pandemiasta ilman paikkojen sulkemista ja laajoja ulkonaliikkumiskieltoja (June et al., 2021). Etelä-Korea selvisi kolmesta eri pandemian aallosta maaliskuussa, huhtikuussa ja joulukuussa 2020 (Seong et al. 2021). Tämän datan valossa Etelä-Korea toimii erinomaisena tutkimuskohteena, sillä se ei ainoastaan selvinnyt hyvin covid-19-pandemiasta vaan se on myös johtava maa älykkään kaupungin kehitystyössä (Choi et al., 2020).

June et al. (2021) esittävät kirjallisuudessa, että Etelä-Korean pandemian ehkäisy tapahtui 3-portaisesti:

- havaitseminen
- kurissapito

- hoitaminen.

Viranomaiset havaitsivat Sars-Cov-2-viruksen leviämisen Kiinassa varhaisessa vaiheessa, jolloin Korean tautienehkäisy- ja -valvontavirasto (KDCA) alkoi tuottamaan diagnostiikkatyökaluja ennen kuin virus oli edes levinnyt Etelä-Koreaan. Koska MERSin aiheuttama testauskapasiteetin kasvattaminen oli jo hyvällä tasolla, ensimmäisen tartunnan saapuessa maahan, oli valtiolla jo resursseja aloittaa laajamittaiset testaukset. Seuraavaksi sairaaloiden sisäänkäynneille perustettiin seulontapisteitä, joiden läpi koronaoireilevia henkilöitä ei päästetty läpi, vaan heidät testattiin ja ohjattiin kotikaranteeniin odottamaan testin tuloksia. (MOFA, 2020; June et al., 2021)

Viruksen kurissapitoon pyrittiin heti alkuvaiheissa vaikuttamaan mahdollisimman aggressiivisesti. Matkustusrajoitusten, eristämisen, karanteenien ja sosiaalinen etäännyttämisen lisäksi Etelä-Korea keskittyi erityisesti kontaktien selvittämiseen (June et al., 2021). Koska Etelä-Korean hallinnolla ja tautikeskuksilla oli työkalut valmiina suurmittaiseen datan keruuseen ja analysointiin kriisien aikana, pystyivät lääkärit pyytämään potilaiden liikkuvuustietoja poliisilta. Liikkuvuustietoja kerätään puhelinliittymien palveluoperaattoreilta ja pankkien maksutapahtumista. Näiden lisäksi Etelä-Korean julkisen liikenteen matkakorteilla leimataan niin sisään- kuin uloskirjatessa, jolloin junia, linja-autoja ja metroja käyttävien kansalaisten liikkeitä pystytään seuraamaan tarkasti. Tarkemmat ihmisen liikkeet voitiin täyttää haastatteluilla ja valvontakameroiden tallenteilla (Sonn et al., 2020b). Tämä olisi Suomessa vaikea toteuttaa, sillä kansalaiset arvostavat yksityisyyden suojaansa.

Jotta kaikille sairaalahoitoa tarvitseville voitiin järjestää hoitoa, otti Etelä-Korea käyttöön potilaiden luokittelujärjestelmän. Potilaat luokiteltiin riskin mukaan asteikolla yhdestä neljään, missä riskittömimmät potilaat lähetettiin terveyskeskuksiin ja kaikista suurimman riskin omaavat lähetettiin tehohoitoa tarjoaviin sairaaloihin. Näin pystyttiin takaamaan hoitoa kaikille sitä tarvitseville terveydentilan mukaan. (June et al., 2021)

Koska valtiolla oli edellytykset seurata ostoskäyttäytymistä älykkään logistiikan avulla, havaitsi se hyvissä ajoin suojarusteiden hamstrausilmiön. Ostoksia seurattiin kauppojen, apteekkien ja muiden myymälöiden jaettujen tietokantojen välityksellä. Maskien myyntiä rajoitettiin, Korean ulkopuolelle maskien myynti kiellettiin kokonaan ja niiden hinta määrättiin vakioksi. (June et al., 2021) Tilanteeseen, jossa kaikille asukkaille oli riittävästi maskeja tarjolla, päästiin soveltamalla älykästä teknologiaa aggressiivisesti.

3.3 Pandemioiden hallinta älykkään kaupungin avulla

Uuden viruksen leviämisen alkuvaiheessa on tärkeää ensisijaisesti havaita se. Älykkäiden teknologioiden avulla voidaan jo varhaisessa vaiheessa havaita tunnusmerkkejä virusepidemian puhkeamisessa. Costa ja Peixoto (2020) tähdentävät, että tämä on ensisijaisen tärkeää, jotta voidaan hälyttää kaupungin asukkaita ajoissa esimerkiksi sähköpostilla, tekstiviestillä tai jopa sireenillä. Seuraavaksi viruksen leviämistä ehkäistään muun muassa seuraavilla toimenpiteillä (Costa & Peixoto 2020):

- julkinen dekontaminaatio
- profylaktinen eristäminen
- mahdollisesti tartunnan saaneiden asukkaiden paikantaminen ja kehottaminen karanteeniin ja testaukseen
- kokoontumisrajoitukset.

Pandemian aikana on erityisen tärkeää, että tartunnan saaneet eivät levitä tautia eteenpäin. Siispä joukkoliikenteen solmukohtissa, kuten lentokentillä, on tärkeää seuloa oireilevat matkustajat testeihin. Näin toimittiin esimerkiksi Yhdysvalloissa (Buckley&May, 2020). Allam ja Jones (2020) esittävät, että seulontaa tehtäisiin linja-autoterminaaleissa, kauppakeskuksissa, metroasemilla ja sairaaloissa. Li et al. (2019b) esittävät, että datan keruu tällaisissa paikoissa tuo merkittävää lisäarvoa tarjoamalla reaaliaikaista tietoa erilaisista ongelmista.

Vaikkakaan yksityishenkilöiden käyttämät terveydenseurantalaitteet, kuten älykellot, eivät tuota tarpeeksi relevanttia dataa virusten tunnistamiseksi, toteavat Loncard-Turukalo et al. (2019) niiden olevan hyödyllisiä kehittämään jaettavaa terveydenhoitoa, mikä osaltaan myös auttaa pandemioiden hallinnassa.

3.4 Kaupungin toimintamallit

3.4.1 Teknokraattinen kaupunki pandemian hallinnassa

Kummithan (2020) mukaan teknologioiden hyödyntämisessä pandemioita vastaan on selkeästi kaksi erilaista toimintamallia. Analyysissään Kummitha (2020) luokittelee nämä toimintamallit joko ihmislähtöisiksi tai teknologiavetoisiksi.

Teknologiavetoinen lähestymistapa lähtee siitä, että kaupungin kaikkia eri toimintoja voidaan mitata ja valvoa ja niitä käsitellä teknisinä ongelmina, joille löytyy teknisiä ratkaisuja. (Kitchin, 2014). Kitchin (2014) määrittelee tällaisen kaupungin hallintatavan teknokraattiseksi. Tällainen hallintatapa olettaa, että monimutkaisia yhteiskunnallisia ongelmia voidaan ratkaista algoritmisesti.

Janssenin ja Kukin (2016) mukaan sosiopoliittiset ratkaisut eivät vaikuta lähes lainkaan päätöksentekoon, sillä hallinto sekä kansalaiset ovat molemmat alistetussa asemassa teknologian valvonnan suhteen. Teknologian oletetaan siis tekevän päätökset neutraalisti, dataan perustuen (Janssen & Kuk, 2016).

Toisaalta algoritminen datan keruu ei välttämättä ole neutraalia. Barocas ja Selbst (2016) esittää, että data on usein puutteellista, jolloin algoritmit saattavat poimia aikaisempien päätöksien mukaisia ennakkoluuloisia tai vääriä näkökulmia ja tehdä päätöksiä niiden pohjalta. Tällöin esimerkiksi datan keruu aikaisemmista huonoista päätöksistä pandemian hallitsemisessa saattaa olla vahingollista tulevan kriisin hoitamisessa.

Kiina on soveltanut teknokraattista lähestymistapaa pandemioiden hallitsemisessa, kun taas länsimaalaiset demokratiat ovat ottaneet omakseen ihmislähtöisen näkökulman (Kummitha, 2020). Kiinan toimet Covid-19 pandemian hallitsemiseksi ovat olleet äärimmäisiä. Sellaiset kaupungit, missä tartuntoja havaittiin erityisen paljon, laitettiin täydelliseen sulkutilaan ja ihmisiä estettiin lähtemästä kodeistansa (Kummitha, 2020). Ihmisten dataa analysoitiin hyvinkin laajasti, mikä ei länsimaisissa demokratioissa kävisi päinsä ihmisoikeuksien nojalla (Kupferschmidt, 2020).

3.4.2 Ihmislähtöinen kaupunki pandemian hallinnassa

Kummithan (2020) tutkimuksen mukaan ihmislähtöisillä toimilla, viruksen tarttumisen hallitseminen on hitaampaa kuin teknokraattisessa lähestymistavassa. Hän esittää, että sosiaaliset ja poliittiset kontekstit vaikuttavat älyteknologioiden käyttöönoton laajuuteen. Ihmislähtöisessä kaupungissa hallinto kouluttaa ja parantaa yhteisöjen taitoja, jotta he voivat itse ratkaista teknologian avulla ongelmia paikallisten tarpeiden mukaisesti (Kummitha, 2020).

Ihmislähtöinen kaupunkikehitys keskittyy kansalaisten oikeuksien ja yksityisyyden turvaamiseen. Kun Kiina pyrki selvittämään tartunnan saaneiden henkilöllisyyksiä, länsimaissa dataa kerättiin anonyymisti ja sitä käytettiin tunnistamaan esimerkiksi liikkumiskieltojen noudattamista. (Kummitha, 2020) Kirjallisuudessa (Hansen & Cyr, 2020) on kritisoitu tätä ihmislähtöistä reagoitua pandemioihin sen hitauden, huonon koordinaation ja hajanaisuuden johdosta

Koska paikallis- ja keskushallinto eivät ole täysin yhteydessä toisiinsa, tartuntojen seuraamisessa ja eristämisessä nopeasti on ilmennyt vaikeuksia. Kiinan älykaupungeissa tämä ei ole ongelma, sillä hallinolla on täydet oikeudet analysoida yksilöiden puhelinten ja muiden henkilökohtaisten laitteiden lähettämää dataa ja siten paikantaa tartunnat ja eristää sairastuneet henkilökohtaisesti. (Kummitha, 2020)

3.4.3 Teknokraattisen ja ihmislähtöisen kaupungin yhdistelmä

Etelä-Korea on soveltanut niin tekno- kuin ihmislähtöisen kaupungin toimintamalleja. Etelä-Korean CDC:n datan laajamittaiselle käytölle oli saatu hyväksyntä. (Sonn & Lee, 2020a) Nyt valtioilla oli keinot estää pandemian leviäminen sairastuneiden datan avulla.

Toisaalta Etelä-Korean hallinto oli saanut kansalaisten luottamuksen datan käyttöön kriisitilanteissa, johtuen edeltävästä MERS epidemiasta (MOHW, 2015). Jos älykaupunkien täysi potentiaali halutaan hyödyntää pandemioiden hallitsemisessa, täytyy kaupunkilaisten antaa luottamuksensa elimille, jotka yrittävät estää viruksen leviämistä.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Pandemiat ovat haastaneet kaupunkien toimintakyvyn kaupungistumisen alkuvaiheista lähtien. Erityisesti kaupunkien heikkoudet hallita pandemioita ovat korostuneet moderneissa ja tiheästi asutuissa kaupungeissa. Kaupunki tarvitsee työkaluja, joilla se voi ehkäistä, varautua ja hallita pandemioita niiden yleistyessä modernissa globaalissa maailmassa.

Yksi tällainen työkalu on älykaupunki-konsepti, jolla tarkoitetaan kaupunkia, jossa kaupungin rutiinitoimenpiteet on yhdistetty Internetiin. Kaupunki on yhteydessä esineiden Internetiin (IoT), joka toimii alustana algoritmeille ja tekoälylle. Yhdessä IoT, algoritmit, koneoppiminen ja tekoäly auttavat kaupungin eri osa-alueita tekemään toimivia päätöksiä, joilla pyritään turvaamaan kaupungin asukkaiden hyvinvointi. Älyteknologiat mahdollistavat älykaupungin viitekehityksen, joista tärkeimmät ovat älykäs terveydenhuolto, logistiikka ja valvonta pandemioiden hallinnan kannalta.

Älykaupungit ovat kehittyneet 90-luvulta lähtien muuttamalla säännöllisin ajoin merkitystään riippuen aikakaudesta, valtiosta ja lähestymistavasta. Aiheesta on tuotettu kirjallisuutta eksponentiaalisella kasvulla varsinkin 2010-luvulta lähtien. Tutkimusta tehdessä oli vaativaa erottaa objektiivinen tutkimuskirjallisuus subjektiivisesta, yritysmaailman omien pyrkimysten värittämästä kirjallisuudesta. Toisaalta monissa tieteellisissä artikkeleissa tuotiin ilmi juuri tämä ongelma, jonka takia älykaupungit eivät ole jääneet ilman kritiikkiä.

Älykaupunki-konseptiin liittyy oleellisesti kaupunkilaisten valvonta. Kiinassa ja muissa idän valtioissa valvontaa suoritetaan hyvinkin aggressiivisesti ja ihmisten yksityisyyden suojaa kunnioittamatta. Ihmisten sijaintitietoja kerätään ja analysoidaan, jotta tartuntaketjuja voidaan paikantaa mahdollisimman tehokkaasti. Länsimaissa valvontaa suoritetaan yksityisyydensuoja huomioon ottaen, käyttämällä vapaaehtoisia sovelluksia kuten Suomessa Koronavilkku. Teknokraattinen toimintamalli näyttäisi tutkimuksen valossa olevan tehokkaampi tapa hallita pandemioita. Toisaalta yksityisyys ja turvallisuus ovat tärkeitä asioita länsimaalaisissa demokratioissa, joten teknokraattista lähestymistapaa ei voida mielestäni niissä soveltaa.

Nykyisten ja tulevien kaupunkien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon herkästi leviävät infektioaudit, joista saattaa muodostua pandemioita. Kun kaupungilla on infrastruktuuri massadatan keräämiseen, on suuren riskin tartuntatauteja helpompi torjua. Eri mailla tulee olemaan erilaisia tulkintoja älykaupunki-konseptin toteuttamisesta tulevaisuudessakin. Suurimmiksi ongelmiksi älykaupunkien kehittämisessä nousee yksityisyydensuoja, tietoturvallisuusriskit ja läpinäkyvä päätöksenteko. Aika näyttää mitä älykaupunki-konsepti saa aikaan ympäri maailman.

Jos kaupunkilaiset ovat valmiita luovuttamaan sijainti- ja henkilötietoja kriisitilanteissa, pystyy älykaupunki tehokkaammin torjumaan pandemioita. Tartuntojen paikantaminen aika-paikka-karttaan älyteknologioiden avulla auttaa sairaanhoidon ammattilaisia asettamaan altistuneet karanteeniin, jolloin tiukkoja kokoontumisrajoituksia ja sulkutiloja ei tarvitse käyttää. Älykkäiden logistiikkaverkostojen avulla resursseja voidaan optimoida esimerkiksi vesi- ja sähköverkostoissa. Lisäksi negatiivisiin ilmiöihin kuten hamstraamiseen voidaan puuttua pandemian aikana.

Älykaupungit tulevat olemaan läsnä tulevaisuuden kaupunkikehitystä. Konsepti tulee vielä muuttumaan ja hakemaan paikkaansa, mutta erilaiset kehityshankkeet ympäri maailman auttavat ymmärtämään millaiset kaupungin toimintamallit toimivat ja millaiset eivät. Covid-19 aiheuttama pandemia on saanut eri alojen ammattilaiset tutkimaan, miten älykaupungit reagoivat ja hallitsevat pandemioita. Seuraavan pandemian koittaessa älykaupungit ovat paremmassa valmiudessa torjua herkästi leviävien tartuntatautien leviäminen.

LÄHTEET

Allam, Z. (2019). *Cities and the digital revolution: Aligning technology and humanity*. Springer Nature. ISBN 978-3-030-29799-2

Allam, Z. (2020). How Cities and Architecture Respond to the Coronavirus. ArchDaily. Saata-
villa (viitattu 29.4.2021): <https://www.archdaily.com/932840/how-cities-and-architecture-respond-to-the-wuhan-coronavirus>

Allam, Z. and Jones, D.S. (2020). On the coronavirus (COVID-19) outbreak and the smart city network: universal data sharing standards coupled with artificial intelligence (AI) to benefit urban health monitoring and management. In *Healthcare* vol. 8(1) pp. 46, Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Saatavilla (viitattu 10.5.2021): <https://www.mdpi.com/2227-9032/8/1/46>

Aoun, C. (2013). The smart city cornerstone: Urban efficiency. *Schneider Electric White Paper*, 1, pp. 1-13. Saatavilla (viitattu 28.4.2021): [https://www.ogcio.gov.hk/en/news/consultations/d21_submission_2013/doc/079_SchneiderElectric_\(Annex\).pdf](https://www.ogcio.gov.hk/en/news/consultations/d21_submission_2013/doc/079_SchneiderElectric_(Annex).pdf)

Baddeley, M. (2020). Hoarding in the age of COVID-19. *Journal of Behavioral Economics for Policy*, vol. 4(S) pp. 69–75. Saatavilla (viitattu 10.5.2021): <https://sabeconomics.org/wordpress/wp-content/uploads/JBEP-4-S-9.pdf>

Baloglu O., Latifi SQ, Nazha A. (2021). What is machine learning? *Archives of Disease in Childhood - Education and Practice*. Saatavilla (viitattu 10.5.2021): <https://ep-bmj.com.libproxy.tuni.fi/content/early/2021/02/08/archdischild-2020-319415>

Barocas, S. & Selbst, A. D. (2016). Big Data's Disparate Impact. *California law review*. 104 (3), pp. 671–732. Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/calr104&div=25&id=&page=>

Buckley, C., May, T. (2020). Effects of Coronavirus Begin Echoing Far From Wuhan Epicenter, *The New York Times*. Saatavilla (viitattu 25.4.2021): <https://www.nytimes.com/2020/01/25/world/asia/china-wuhan-coronavirus.html?searchResultPosition=1>

Caragliu, A., Del Bo, C. & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *The Journal of Urban Technology*, vol. 18(2), pp. 65–82. Saatavilla (viitattu 25.4.2021): https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517318346?casa_token=Mw3am5M1Iq8AAAAA:mXZ-QKIdZ93WKfgXnYvj7UMIVIMwPLpN7wMW-BB-oJ5fZOEhwJ71QQkHvzWkLHIN-i7TjAnzYfg

Choi, C., Choi, J., Kim, C., Lee, D. (2020). The Smart City Evolution in South Korea: Findings from Big Data Analytics, *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*. Korea Distribution Science Association, vol. 7(1), pp. 301–311. Saatavilla (viitattu): <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO202014862061826.page>

Costa, D. G. & Peixoto, J. P. J. (2020). COVID-19 pandemic: a review of smart cities initiatives to face new outbreaks. *IET Smart Cities*. Vol. 2(2), p. 64–73. ISSN 2631-7680

Dameri, R.P. (2013). Searching for smart city definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology*, vol. 11(5), pp. 2544–2551. ISSN 2277-3061

Eckhoff, D. & Wagner, I. (2018). Privacy in the Smart City-Applications, Technologies, Challenges, and Solutions. *IEEE Communications surveys and tutorials*, vol. 20(1), pp. 489–516. Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8025782>

Engelbert, J., van Zoonen, L. & Hirzalla, F. (2019). Excluding citizens from the European smart city: The discourse practices of pursuing and granting smartness. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 142, pp. 347-353. Saatavilla (viitattu 5.5.2021): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162518300507>

European Parliament, Mapping Smart Cities in the EU (2014). Policy department A: Economic and scientific policy. pp. 23–29. Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai.tudelft.nl:uuid%3A1fac0e18-8dd3-406d-86fe-ce1e6a22e90c>

Eurostat (2020). Urban and rural living in the EU, European Commission. Saatavilla (viitattu 5.5.2021): <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20200207-1>

Gupta, M., Abdelsalam, M. & Mittal, S. (2020). Enabling and enforcing social distancing measures using smart city and its infrastructures: a COVID-19 use case. Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://arxiv.org/abs/2004.09246>

Hansen, G., & Cyr, A. (2020). Canada's Decentralized "Human-Driven" Approach During the Early COVID-19 Pandemic. *JMIR public health and surveillance*, vol. 6(4). Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://publichealth.jmir.org/2020/4/e20343/>

Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010). Foundations for smarter cities. *IBM Journal of research and development*, 54(4), 1-16. Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5512826>

Hernández-Muñoz, J.M., Vercher, J.B., Muñoz, L, Galache, J.A., Presser, M., Hernandez Gomez, L.A & Pettersson, J. (2011). Smart cities at the forefront of the future internet. In: Domingue, J., Galis, A., Gavras, A. (eds.) *The Future Internet*. New York: Springer, pp. 447–462. ISBN 978-3-642-20897-3

Hossain, M.S. (2017). Cloud-Supported Cyber–Physical Localization Framework for Patients Monitoring, *IEEE Systems Journal*, vol. 11(1), pp. 118–127. ISSN 1937-9234

Hossain, M.S., Muhammad, G. and Alamri, A., (2019). Smart healthcare monitoring: a voice pathology detection paradigm for smart cities. *Multimedia Systems*, vol. 25(5), pp. 565–575. Saatavilla (viitattu 22.4.2021): <https://doi.org/10.1007/s00530-017-0561-x>

Inn, T.L. (2020). Smart city technologies take on COVID-19. *World Health*, vol. 841. Saatavilla (viitattu): https://penanginstitute.org/wp-content/uploads/2020/03/27_03_2020_TLI_download.pdf

Janssen, M. & Kuk, G. (2016). The challenges and limits of big data algorithms in technocratic governance. *Government Information Quarterly*, vol. 33(3), pp. 371–377. Saatavilla (viitattu 25.4.2021): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197620302141>

June-Ho, K., Ah-Reum An, J., SeungJu, J., Juhvan, O., Lee, J (2021). Emergin COVID-19 succes story: South Korea learned the lessons of MERS. *Our World in Data*. Saatavilla (viitattu 22.4.2021): <https://ourworldindata.org/covid-exemplar-south-korea>

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15-25. Saatavilla (viitattu 28.5.2021): <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007681318301393>

Khanna, A. & Anand, R. (2016). IoT based smart parking system, 2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA), pp. 266–270. Saatavilla (viitattu 8.5.2021): https://www.researchgate.net/publication/303842610_IoT_based_Smart_Parking_System

Kickbusch I, Sakellarides C. (2006). Flu City—Smart City: applying health promotion principles to a pandemic threat. *Health Promot Int.* vol. 21(2) pp. 85–87. ISSN 1460-2245

Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79(1), pp. 1–14. Saatavilla (viitattu 5.5.2021): <https://link.springer.com/article/10.1007/s10708-013-9516-8>

Kummitha, R., (2020). Smart technologies for fighting Pandemics: The techno and human driven approaches in controlling the virus transmission. *Government Information Quarterly*, vol. 3(7), pp. 85–87. Saatavilla (viitattu 25.4.2021): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X20301003>

Kupferschmidt, K. & Cohen, J. (2020). Can China's COVID-19 strategy work elsewhere? *Science*, American Association for the Advancement of Science. vol. 367(6482), pp. 1061–1062. Saatavilla (viitattu 5.5.2021): <https://science.sciencemag.org/>

Lake, J. (2019). Smart cities, cybersecurity and privacy: What are the risks? Saatavilla (viitattu 7.5.2021): <https://www.comparitech.com/blog/vpn-privacy/smart-citiesprivacy-risks/>

Li, C., Liu, X., Dai, Z., & Zhao, Z. (2019a). Smart city: A shareable framework and its applications in China. *Sustainability*, vol. 11(16), 4346, pp.1–16 Saatavilla (viitattu 25.4.2021): <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/16/4346>

Li, X., Fong, P.S.W., Dai, S. & Li, Y. (2019b). Towards sustainable smart cities: An empirical comparative assessment and development pattern optimization in China. *Journal of Cleaner Production*, vol. 215, pp. 730–743. Saatavilla (viitattu 26.4.2021): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619300538>

Liu, Z., Ciais, P., Deng, Z., Lei, R., Davis, S. J., Feng, S., ... & Schellnhuber, H. J. (2020). COVID-19 causes record decline in global CO2 emissions. Saatavilla (viitattu 29.5.2021): <https://escholarship.org/uc/item/2fv7n055>

Loncar-Turukalo, T., Zdravevski, E., da Silva, J.M., Chouvarda, I. and Trajkovik, V. (2019). Literature on wearable technology for connected health: scoping review of research trends, advances, and barriers. *Journal of medical Internet research*, vol. 21(9). Saatavilla (viitattu 20.4.2021): <https://www.jmir.org/>

Machine learning: what is it and why it matters (2021). SAS Institute Lnc. Saatavilla (viitattu 10.5.2021): https://www.sas.com/en_ae/insights/analytics/machine-learning.html#machine-learning-workings

Ministry of Foreign Affairs, Republic of Korea (MOFA) (2020). All about Korea's response to Covid-19. Saatavilla (viitattu 22.4): <https://www.mofa.go.kr/viewer/skin/doc.html?fn=20201021031300238.pdf&rs=/viewer/result/202101>

Ministry of Health and Welfare (MOHW) (2015). Measures to Reform National Infection Prevention and Control System for the Purpose of Immediate Response to Emerging Infectious Diseases. Saatavilla (viitattu 22.4.2021): https://www.mohw.go.kr/eng/nw/nw0101vw.jsp?PAR_MENU_ID=1007&MENU_ID=100701&page=1&CONT_SEQ=326060

Nam, T. ja Pardo, T.A. (2011). Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context. In *Proceedings of the 5th international conference on theory and practice of electronic governance* pp. 185-194. Saatavilla (viitattu 22.4.2021): https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2072069.2072100?casa_token=W5uRjVv7R38AAAAA%3AXBZjVaetHcsTz5P-5iN8U0th-OwQaru5jp8fPHBbM3uanVertEl-reKyUO5_8mMHm5FFMs_u7pPZb

Näsänen, E. (2020) Ei niin fiksu kaupunki - älykaupungin kritiikki. Tampereen yliopisto, s. 23. Saatavilla (viitattu 7.5.2021): <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/120486>

National Bureau of Statistics of PRC (2015). Statistic Bulletin of National Economy and Social Development in 2015. Saatavilla (viitattu 22.4.2021): http://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html

OECD (2019), Health at a Glance 2019: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. Saatavilla (viitattu 21.4.2021): <https://doi.org/10.1787/4dd50c09-en>

OECD/European Observatory on Health Systems and Policies (2017). Finland: Country Health Profile 2017, State of Health in the EU, OECD Publishing, Paris/European Observatory on Health Systems and Policies, Brussels. Saatavilla (viitattu 21.4.2021): <http://dx.doi.org/10.1787/9789264283367-en>

Roche, S. (2014). Geographic Information Science I: Why does a smart city need to be spatially enabled? Progress in Human Geography, vol. 38(5), pp. 703–711. Saatavilla (viitattu 19.3.2021): <https://doi.org/10.1177/0309132513517365>

Seong, H., Hyun, H.J., Yun, J.G., Noh, J.Y., Cheong, H.J., Kim, W.J. and Song, J.Y. (2021). Comparison of the second and third waves of the COVID-19 pandemic in South Korea: Importance of early public health intervention. International Journal of Infectious Diseases, Mar, vol. 104, pp. 742–745. Saatavilla (21.4.2021): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971221000898>

Sonn, J. W, Myounggu Kang & Yeol Choi (2020b). Smart city technologies for pandemic control without lockdown, International Journal of Urban Sciences. Vol. 24(2), pp. 149–151. Saatavilla (viitattu 15.5.2021): <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12265934.2020.1764207>

Sonn, J. W. & Lee, J. K. (2020a). The smart city as time-space cartographer in COVID-19 control: the South Korean strategy and democratic control of surveillance technology. Eurasian geography and economics. Vol. 61(4–5), p. 482–492. Saatavilla (viitattu 15.4.2021): <https://rsa.tandfonline.com>

Suresh, P., Daniel, J.V., Parthasarathy, V. and Aswathy, R.H. (2014). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In 2014 International conference on science engineering and management research (ICSEMR) (pp. 1–8). IEEE. Saatavilla (viitattu 15.5.2021): <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7043637>

Urban population (% of total population) – United States (2021). The World Bank. Saatavilla (viitattu 20.5.2021): <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=US>

Webb, W. & Toh, C.K. (2020). The Smart City and Covid-19. IET Smart Cities, vol. 2, pp. 56–57. Saatavilla (viitattu 17.4.2021): <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-smc.2020.0024>

Weissman, G.E., Crane-Droesch, A., Chivers, C., Luong, T., Hanish, A., Levy, M.Z., Lubken, J., Becker, M., Draugelis, M.E., Anesi, G.L., Brennan, P.J., Christie, J.D., Hanson, C.W., Mikkelsen, M.E. and Halpern, S.D. (2020). Locally Informed Simulation to Predict Hospital Capacity Needs During the COVID-19 Pandemic. Annals of Internal Medicine, April 7, vol. 173, no. 1 pp. 21–28. Saatavilla (viitattu 20.3.2021): <https://www.acpjournals.org/doi/full/10.7326/M20-1260> ISSN 0003-4819. DOI 10.7326/M20-1260.

Zhu, S., Li, D. and Feng, H., (2019). Is smart city resilient? Evidence from China. Sustainable Cities and Society, 50, pp. 10163. Saatavilla (viitattu 30.3.2021): <https://www.sciencedirect.com/>