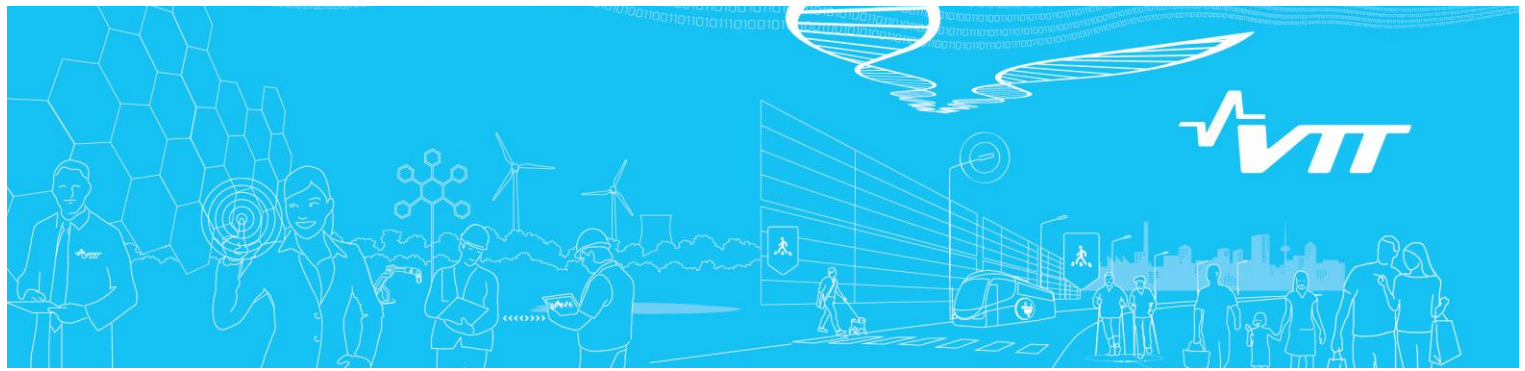


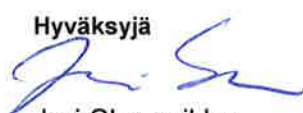


Lähde: Kuopion kaupunki

Datan kerääminen, varastointi ja käyttäminen Savilahden ICT-alustalla

Kirjoittajat:

Johanna Kuusisto, Esa Viljamaa, Pekka Pääkkönen, Kalle Määttä, Ilkka Niskanen, Esa Nykänen

Raportin nimi	
Datan kerääminen, varastointi ja käyttäminen Savilahden ICT-alustalla	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot	Asiakkaan viite
Kuopion kaupunki Mika Ekonsalo p. +358 44 718 5137 mika.ekonsalo@kuopio.fi	
Projektin nimi	Projektin numero/lyhytnimi
Kuopion ICT-ratkaisu	116990
Tiivistelmä	
Tässä selvityksessä on kerätty materiaalia IoT-sensoreista, -alustoista, IoT-datan siirtämiseen käytettävistä tietoliikenneprotokollista sekä Big data -ratkaisuista sekä niihin liittyvistä ylläpito- ja analysointityökaluista niin Suomesta kuin kansainvälisistäkin lähteistä. Työssä on käyty läpi yleisperiaatteet sensori-datan keräämiselle, datan varastoinnille ja sen hyödyntämiselle Savilahden ICT-alustalla. Kerättävän datan luokittelusta ja tarvittavista käyttäjäprofiileista on myös annettu ehdotukset. Toisaalta tämän selvityksen puitteissa on kerätty Savilahden keskeisimpien sidosryhmien tarpeita tulevaisuuden tiedon hyödyntämisen suhteen. Näitä tarpeita on pyritty hahmottamaan ICT-tekniikan ja toiminnan kerroksellisuuden kautta.	
Espoossa 21.12.2017 Laatija  Johanna Kuusisto, Erikoistutkija Tarkastaja  Mikko Tuomisto Tutkija Hyväksyjä  Jari Shemeikka, Tiimin vetäjä	
VTT:n yhteystiedot	
info@vtt.fi , p.+358 20 722 111	
Jakelu (asiakkaat ja VTT)	
Kuopion kaupunki: Mika Ekonsalo, Retu Ylinen ja Jarmo Voutilainen	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1 Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet	3
2 Markkinakatsaukset	5
2.1 IoT-sensorit.....	5
2.2 IoT-alustat.....	6
2.3 IoT-datan siirtämiseen käytettävät tietoliikenneprotokollat	8
2.4 Big data -ratkaisut ja niihin liittyvät ylläpito- ja analysointityökalut	9
3 Selvitykset erilaisten ratkaisujen tarjoamista mahdollisuuksista sekä asiantuntija-arviot niiden merkityksestä Savilahden ICT-alustan toteutuksen kannalta	11
3.1 Kuvaukset/esimerkit IoT-ratkaisujen sovellusmahdollisuuksista.....	11
3.1.1 Liikenne ja ympäristö	11
3.1.2 Älykkäät kiinteistöt, asuminen ja energiantuotanto	12
3.1.3 Kaupunkisuunnittelu, -rakentaminen ja ylläpito	14
3.1.4 Terveys ja hyvinvointi.....	16
3.1.5 Visio asumisesta Savilahden kaupunginosassa – kuvitteellinen tarina	16
3.2 Selvitys IoT-ratkaisujen laajenevaan käyttöön liittyvistä hyödyistä, haitoista, toteutuksen ongelmakohdista sekä tarjolla olevista ratkaisuista.....	18
3.2.1 Vahvuudet.....	18
3.2.2 Heikkoudet.....	19
3.2.3 Mahdollisuudet.....	22
3.2.4 Uhat	24
3.3 Selvitys lähianalytiikan ja Fog computing –ratkaisujen roolista ja tarpeellisuudesta mitatun tiedon käsittelyssä ja toimintojen ohjauksessa	25
3.3.1 Fog-, Edge- vs Cloud-laskenta.....	25
3.3.2 Sovellusalueita ja esimerkkejä älykaupunkikontekstissa	26
3.3.3 Reunalaskennan haasteita ja tulevaisuuden näkymiä	26
4 Datan luokittelu -malli.....	28
4.1 Yleistä.....	28
4.2 Luokitteluakselit	28
4.3 Luokittelun toteutus.....	29
4.4 Esitys tarvittavista älykaupungin käyttäjäprofiileista ja niihin liittyvä käyttöoikeusluokittelu.....	31
4.4.1 Alustava käyttäjäryhmä kategorisointi	33
4.4.2 Luokittelumallin laajennettavuus	34
5 Koonti haastattelujen tuloksista.....	36
6 Lähteet.....	38

LIITE 1 Markkinakatsaukset

LIITE 2 Datan luokitteluakselit

LIITE 3 Esimerkkejä luokittelumalleista

LIITE 4 Haastatteluiden toteutus ja analyysi

1 Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Savilahti on Kuopion seudun merkittävin kaupunkikehitysprojekti, josta kehitetään keskustaan kytkeytyvä noin 35 000 asukkaan, työntekijän ja opiskelijan viihtyisä, moderni keskittymä. Savilahti-projektin tavoitteena on kehittää Savilahden aluetta ja kuopiolaisten elinympäristöä. Lisäksi projekti edistää alueen toimijoiden omia kehitysvisionia siten, että Savilahdesta muodostuu entistään vetovoimaisempi ja kilpailukyisempi keskittymä kansallisessa ja kansainvälisessä mittakaavassa. Savilahti-projektia tukee Savilahden smarteimmat ratkaisut -hanke (jatkossa SmaRa/tilaaja), joka on Savilahti-projektin EU-rahoitteinen osaprojekti.

SmaRassa selvitetään vähähiilisyttä edistäviä, innovatiivisia ja älykkäitä ratkaisuja kaupunkikehittämisen keskeisillä osa-alueilla sekä näiden ratkaisujen toteutettavuutta Savilahdessa. SmaRa-hanke koostuu kahdeksasta osa-alueesta ja tämä selvitystyö on osa ICT-osa-alueen selvityspakettia, jossa tutkitaan erilaisten ICT-ratkaisujen tarjoamia mahdollisuuksia älykaupunki-näkökulmasta. Tässä työssä **laaditaan yleisperiaatteet sensori-datan keräämiselle, datan varastoinnille ja sen hyödyntämiselle Savilahden ICT-alustalla ottaen huomioon keskeisimpien ICT-sidosryhmien tarpeet.**

Älykaupungilla tai Smart Cityllä tarkoitetaan kaupunkia, jossa uutta teknologiaa käyttäen helpotetaan tai tehostetaan erilaisia ihmisten elämään liittyviä toiminnallisuuksia tai poistetaan tiettyjä manuaalisia toimintoja. Tyypillisesti termin taakse liittyy uuden anturi- ja toimilaiteteknologian sekä data-analyysityökalujen hyödyntäminen sekä avoimen datan tuottamisen ja käytön edesauttaminen. Jotta älykkäitä toiminnallisuuksia voitaisiin luoda, täytyy ympäristöstä ja käyttäjistä kerätä huomattava määrä tietoa fiksujen päätösten pohjalle.

Tässä raportissa on tutkittu Smart City eli älykaupunkiin liittyviä anturi-, tiedonkeräys ja -hallintateknologioita. Tarkempi sovellusalue on rakennukset sekä kaupunkiympäristö. Selvitys keskittyy Esineiden Internetin eli IoT-luokan antureihin ja jättää käsittelemättä kalliit erikoisanturit, kuten monet optiset mittalaitteet, joiden hinta ja tehonkulutusominaisuudet eivät sovellu tähän kategoriaan. Tämän selvityksen pohjana on neljä markkina-analyysia, jotka on esitetty liitteessä 1 sekä 26 sidosryhmien edustajien haastattelua, joiden yhteenveto on esitetty liitteessä 4. Näiden pohjalta on luotu yleiskuvaa siitä, minkälaisen ratkaisun avulla Savilahdessa asetettut tavoitteet voidaan toteuttaa. Seuraavassa taulukossa on esitetty selvityksessä käytettyjä lyhenteitä:

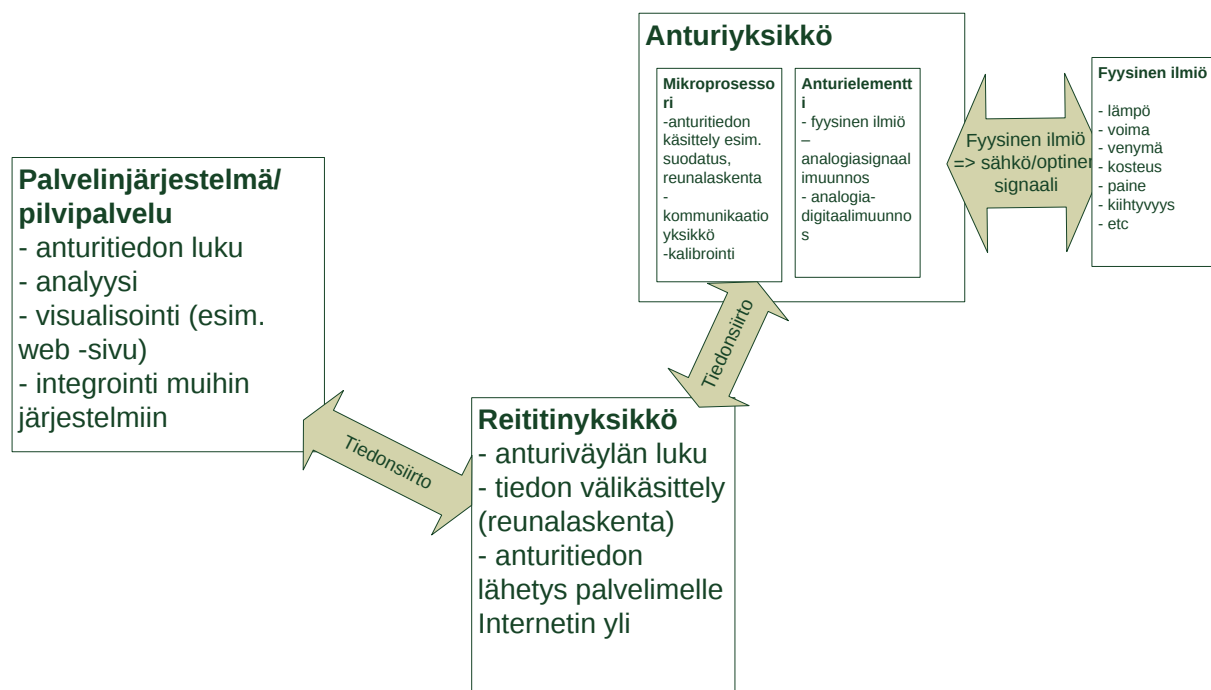
Taulukko 1. Käytetyt lyhenteet.

Lyhenne	Selitys
3GPP	3rd Generation Partnership Project on usean standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio.
BLE	Bluetooth Low Energy. Pienen energiankulutuksen Bluetooth kommunikaatiomoodi. Saatavissa Bluetooth ver 4.0 alkaen.
CO	Hiilimonoksidikaasu
CO ₂	Hiilidioksidikaasu
GHz	Gigahertsiä.
GPS	Global Positioning System. Globaali satelliittipaikannusjärjestelmä.
GPRS	General radio packet system. Toisen sukupolven digitaalinen datanvälitysprotokolla.
IMU	Inertial measurement unit. Liikettä mittaava anturi, jossa on tyypillisesti gyroskooppi, kiihtyvyysanturi ja magnetometri.
IoT	Internet of Things, Esineiden Internet
IPR	Intellectual Property Rights, Tekijänoikeudet
ISM	ISM-taajuusalue (Industrial, Scientific and Medical) on maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista, jonka käyttö ei vaadi erillistä lupaa ja on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön
LoRa(WAN)	Long-range, wide area network. Pitkän kantaman vähävirtainen kommunikaatioteknologia (LoRa) ja sen päällä ajettava verkkoon liittymistekniikan määrittävä tekniikka (WAN)
LPWAN	Low-power wide-area networks. Pitkän kantaman, pienen tehonkulutuksen verkkotekniikat.
LTE	Long-term evolution. 3GPP neljännen sukupolven matkaviestinteknologiat.
MHz	megahertsiä
NB-IoT	Narrowband IoT. Kapeakaistainen IoT-kommunikaatioteknologia.
OSI (-malli)	OSI-malli eli Open Systems Interconnection Reference Model kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa.
OTA	Over-the-air. Langattoman laitteen langattomasti tapahtuva päivitys.
PIR	Passive infra-red
VOC	Volatile organic compounds. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen salattu kommunikaatiokanava
WPA2-AES	Wifi protected access, advanced encryption standard. Wifi -verkkojen käyttäjätunnistuksen ja viestinsalauksen menetelmät.

2 Markkinakatsaukset

2.1 IoT-sensorit

Sensori eli anturi on IoT-tiedonkeruujärjestelmän perusyksikkö. Tyypillisesti anturi muuntaa jonkun fyysisen suureen, kuten lämpötilan anturielementin välityksellä joksikin sähköiseksi ilmiöksi, jota mitataan analogiaelektronikalla. Mittaustulos muunnetaan digitaaliseen muotoon, suodatetaan ja lähetetään jotakin sähköistä viestivälitysmateriaa pitkin anturitietoa käyttävään tietojärjestelmään säilytettäväksi tai käsiteltäväksi. Sensorin pääosat ovat tyypillisesti IoT-maailmassa seuraavat: mittauspää, tiedonkäsittelyprosessori sekä kommunikaatioyksikkö. Tässä selvityksessä aina, jos mahdollista, sensoria käsitellään kaikki nämä pääosat sisältävänä sensorimoduulina, koska selvityksen tavoitteena on tukea sensoriratkaisujen soveltamisessa ja valinnassa käytännön tilanteissa. Kuva 1 esittää tyypillistä langatonta tiedonkeruuta eli IoT-järjestelmää.



Kuva 1. Tyypillisen langattoman anturijärjestelmän eli IoT-järjestelmän kuvaus.

Sensorivalintaan liittyy yleensä huomattava määrä sovelluksen sekä käyttäjä- ja käyttöympäristön tuomia vaatimuksia ja reunaehdoja, jotka on otettava huomioon. Vaatimukset liittyvät esimerkiksi mittaamiseen, käyttöjännitteeseen ja -energiaan, mittaustulosten käsittelyyn, yhdistettävyyteen, sekä käyttöympäristöön. Sensorin valinta on aina todella iso kokonaisuus kompromisseja riippuen täysin käyttävän sovelluksen tarpeista, koska sensorin ominaisuuksiin liittyen ei koskaan saada samaan pakettiin kaikilta näkökannoilta optimisuorituskykyä. Esim. tiedon päivitysväli ja akun kesto aika ovat luonteeltaan jo vastakkaisia. Sensoreita ei kannata käytännössä vertailla yleisenä vertailuna, vaan ensin täytyy määrittää sovelluksen vaatimukset, jonka jälkeen päästään varsinaiseen sensorin ja sensorimoduulin valintaan ja vertailuun.

Sensorit voidaan jakaa tiedonsiirto- ja tehonsyöttötavan mukaan kiinteästi kaapeloituihin sekä langattomiin sensoreihin. Langattomat sensorit voidaan jakaa edelleen paristokäyttöisiin sekä kiinteällä sähkönsyötöllä varustettuihin sensoreihin. Langattomissa sensoreissa käytettävä radiotekniikka vaikuttaa oleellisesti kantomatkkaan sekä sitä kautta myös käytettävään verkkotopologiaan. Lähtökohtaisesti esimerkiksi uusissa kiinteistöissä rakennusautomaatiojärjestel-

mään kuuluvat sensorit kannattaa useimmiten vielä kaapeloida toimintavarmuuden ja huoltovapauden takia. Langattomat sensorit sopivat erinomaisesti jälkiasennukseen sekä tilanteisiin, joissa sensoreita joudutaan jostain syystä siirtämään tai kaapelointi ei ole mahdollista. Tulevaisuudessa langattomien antureiden tehonkulutus tulee tippumaan edelleen ja se mahdollistaa paristokäyttöisten tai jopa energiaa keräävien sensoreiden käytön järkevällä huoltovälillä.

Sensoriratkaisuista keskusteltaessa esiin nousee myös termi reunalaskenta (eng. Fog/Edge computing), johon liittyen käydään nykyään aktiivista keskustelua. Termi viittaa siihen, että tiettyjen vaatimusten takia (latenssi, tehonkulutuksen/datansiirron minimointi) osa kokonaisjärjestelmän älystä siirretään, joko anturielementin tai reitittimen hoidettavaksi. Käytännössä, kun reunalaskennasta puhutaan, tarkoitetaan sillä matkapuhelinverkon tukiasemassa tapahtuvaa laskentaa, mutta teollisuussovellusten perspektiivistä aihe on kuitenkin paljon laajempi. Termit eivät ole täysin vakiintuneita, joka kannattaa huomioida, kun aiheista keskustellaan. Open Fog Consortium on yksi isojen teollisuustoimijoiden perustama yhteisö, jossa aiheita viedään eteenpäin niin termistön, kuin referenssiarkkitehtuurinkin muodossa (Consortium O. F., 2017). Kun IoT-laitteiden määrän odotetaan tulevaisuudessa kasvavan räjähdysmäisesti, samalla kasvaa niiden datan tuotto ja energiankulutus. Reunalaskennan rooli kasvaa myös nopeasti.

2.2 IoT-alustat

Ohjelmistoalustat ovat tietokonekoodiin perustuvia alustoja, joilla ohjataan ohjelmistoja ja laitteistoja. Ohjelmistoalustatoimijat tavoittelevat erilaisia asiakkaita tehdäkseen alustan ympärille syntyvän ekosysteemin mahdollisimman houkuttelevaksi. Mukaan halutaan niin ohjelmistokehittäjät, laitevalmistajat kuin loppukäyttäjätkin.

IoT-alustat taas ovat asiakasryhmiä yhteen saattavia tuotteita tai palveluja. Alustan arvo sitä käyttäville asiakkaille riippuu sen luomasta verkostosta. Mitä useampia käyttäjiä alustalla on, sitä houkuttelevampaa sen käyttö on liiketoiminnallisesti, koska suurempi käyttäjäkunta pienentää mahdollisesti eri toimijoiden kustannuksia ja lisää innovaatiokapasiteettia. IoT-alustoihin liittyy myös laitteisto, joka on laskentaresursseiltaan heikompi ja hallittavuudeltaan huomattavasti perinteisiä verkkolaitteita haastavampi. Suurin erottava tekijä IoT-alustan ja perinteisen ohjelmistoalustan välillä onkin IoT-laitehallintaan liittyvät ominaisuudet. Taulukko 2 listaa IoT-alustan tärkeimmät laitehallintaan liittyvät ominaisuudet.

Taulukko 2. IoT-alustan laitehallintaan liittyvät tärkeimmät vaaditut ominaisuudet.

Laitehallinnan ominaisuus	Kuvaus
Laitteen provisiointi ja liittäminen	Prosessi, miten laite havaitaan ja liitetään järjestelmään.
Laiterekisteri ja laitemallit	Tietomallit ja rekisteri laitteiden rooleista ja riippuvuuksista.
Laitteiden pääsynhallinta (eng. access management)	Pääsynhallinta laitteiden tietoihin ja resursseihin.
Etähallinta	Laitteen etähallinta laitehallintajärjestelmästä (laitteen toiminta).
Etäkonfigurointi	Laitteen asetusten muutokset.
Etäpäivitykset	Laitteiden etänä tehtävät ohjelmistomuutokset.

Yleisesti ottaen alustoihin liittyen ei ole olemassa standardia tai tarkkaa yhteisymmärrystä siitä, mitä kaikkea alustajärjestelmän tulisi sisältää. Tämä on otettava huomioon, kun tarkastellaan tai vertaillaan eri alustaratkaisuja. IoT-arkkitehtuureista on kuitenkin olemassa useita eri konsortioiden rakentamia referenssiarkkitehtuurikuvauksia, jotka määrittelevät ylemmällä tasolla

erilaisia rakenteita ja ohjeistuksia. Näiden avulla voidaan rakentaa systemaattisesti kokonaisen IoT-järjestelmän arkkitehtuuri ottamalla huomioon kaikki tarpeelliset toimijat ja näkökanavat. Referenssiarkkitehtuurit eivät anna valmiita toteutusratkaisuja vaan ne yhtenäistävät käytäntöjä ja ylemmän tason malleja.

Tällä hetkellä maailmalla on tarjolla yli 200 erilaista pilvipalvelupohjaista IoT-alustaa, joiden vertailu on vaikeaa alustojen suuren määrän ja niistä saatavan luotettavan materiaalin vähäisyyden vuoksi. Suurin osa internetistä saatavasta tiedosta on palveluntarjoajien omia mainoskuvauksia, joista ei voi tehdä objektiivisia arvioita. Vaatimukset älykaupungin IoT-alustalle eivät olennaisesti eroa muista toimialoista, mutta seuraavat asiat ovat tyypillisesti voimakkaammin esillä:

- Spatiaalisen tiedon ja sen visualisoinnin tarve on korostunut.
- Suljetut IoT-järjestelmät ja niiden integrointitarpeet ovat korostetussa roolissa. Näistä ovat esimerkkeinä esimerkiksi kiinteistöautomaatio sekä autot ja muut liikkuvat laitteet.
- Ihmisten rooli käyttäjinä sekä tiedon tuottajina ja kuluttajina on korostunut, jolloin tietosuojavaatimuksia on otettava huomioon.

Kuten missä tahansa hankinnassa, IoT-alustahankinnassa täytyy ensin tehdä vaatimusmäärittely, jossa tulee ottaa huomioon monia asioita esimerkiksi liittyen (Liite 1):

- kohdetoimialan erikoisvaatimuksiin
- tiedon erikoisvaatimuksiin
- loppukäyttäjän omaan IT-kapasiteettiin ja palvelumalliin
- datankäsittelytoiminnallisuuksiin
- skaalautumiseen tulevaisuudessa
- alustan ympärille rakentuvaan ekosysteemiin
- järjestelmäintegroitavuuteen myös tulevaisuudessa
- tietoturvan tasoon
- hallintajärjestelmään
- ohjelmistonkehitystyökaluihin
- järjestelmän kotimaisen käyttötuen saatavuuteen sekä varsinaiseen alustatukeen, että rinnakkaiseen sovelluskehitykseen liittyen
- varsinaisille laitteille ja niiden hallinnalle annettuun tukeen
- visualisointiratkaisuihin
- hinnoittelumallin sopivuuteen

IoT-alustan voi myös hankkia monella eri toimintamallilla, esimerkiksi:

1. Valitaan IoT-alusta, jonka päälle rakennetaan itse tai kolmannen osapuolen toimesta asiakaskohtainen ratkaisu.

- Haasteena on laaja räätälöintityö sekä mahdollinen riskienhallinta liittyen alihankkijan mahdollisiin vaikeuksiin. Alkukustannukset ovat isot, mutta toisaalta IPR on kaikki omassa omistuksessa.
2. Valitaan alustan lisäksi myös alustaan liittyvät kehitystyökalut.
 - Toteutustyö pienenee, mutta toisaalta sen jälkeen on sekä alusta, että kehitysympäristö lukittuna. Toisaalta tekeminen voi hyvän alustaekosysteemin tapauksessa olla nopeampaa ja lisäksi riskit pienenevät.
 3. Valitaan täysin valmis ratkaisu minimaalisilla räätälöinneillä.
 - Räätälöintityön määrä voi siltikin olla huomattava. Alkukustannus on pienempi, mutta toisaalta käyttö on kalliimpaa. Tässä ei ole oman IPR:n mahdollisuuksia, muttei myöskään haasteita. Kriittistä on toimitusvarmuus ja alustatoimittajan tuki, koska ollaan yhden päätoimittajan varassa.

Internetistä on saatavissa paljon IoT-alustoihin liittyvää mainosmateriaalia, mutta ottaen huomioon alustojen sekä mahdollisten ominaisuuksien määrän, on alustojen arviointi tehtävä vaatimusmäärittelyn pohjalta. Vaatimusmäärittely taas muodostetaan kokonaistarpeen pohjalta, jolloin siinä otetaan huomioon teknisten tarpeiden lisäksi myös muut tarpeet. Tällä hetkellä useat kaupungit Suomessa miettivät avoimen tarjoomariippumattoman IoT-alustan määrittelyä kuten Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteinen 6Aika-kokonaisuus. (6Aika kaupungit, 2017).

2.3 IoT-datan siirtämiseen käytettävät tietoliikenneprotokollat

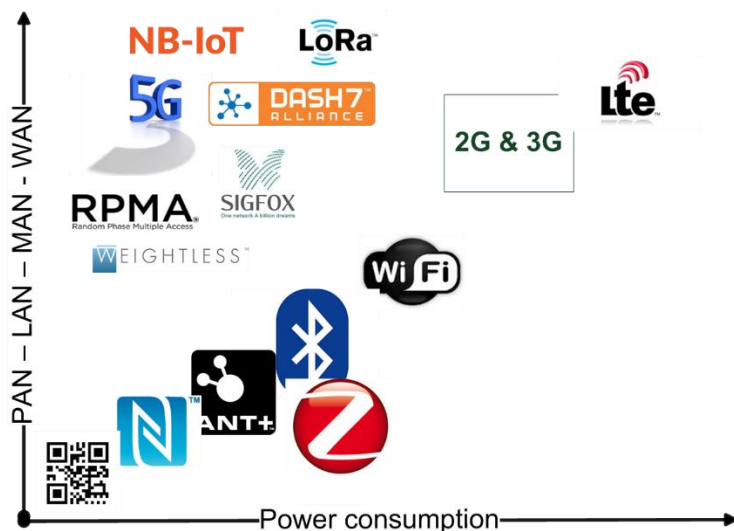
Tässä kappaleessa tarkastellaan IoT-kommunikaatioon käytettyjä teknologioita ja vertaillaan niiden ominaisuuksia. IoT-laitteet voivat luonnollisesti kommunikoida sekä ilmarajapintaa, että jotakin kiinteää mediaa käyttäen. Tässä keskitytään potentiaalisimpiin langattomiin menetelmiin. Kupari- ja valokuitutekniikoiden merkitys runkoverkkotekniikoina ei tule pienenemään, koska samalla kun langattomien tekniikoiden kapasiteetti kasvaa, vielä nopeammin kasvaa kaupallisen, julkisen ja yksityisen sektorin datantuotanto. Tällöin tarvitaan myös kiinteitä datayhteyksiä. Lisäksi tiedonsiirto-olosuhteet ovat kiinteässä yhteydessä helpommin hallittavissa, joka myös tukee niiden merkitystä esimerkiksi kriittisissä tai nopeaa latenssia vaativissa sovelluksissa myös tulevaisuudessa. Esimerkiksi tulevaisuuden energiajärjestelmien kysyntäjoustosovellukset tarvitsevat laajasti nopean latenssin järjestelmiä, jotka eivät langattomilla järjestelmillä ole aina taattavissa. Kaapelointia tarvitaan myös laajalti IoT-laitteissa, joissa tehonkulutus ei mahdollista toimintaa akkujen varassa.

Langattoman teknologian viimeaikainen kehitys eri puolilla on toisaalta mahdollistanut IoT-ratkaisujen kehityksen kiihtymisen. Toisaalta tämä kehitys on myös tuonut tarvetta lisäpanostuksiin kommunikaatioteknologioiden kehitykseen liittyen.

Tyypillisesti eri kehitysosapuolet saattavat mainostaa omaa teknologiaansa hopealuotina, jolla ratkaistaan kaikki IoT-kommunikaatioon liittyvät haasteet. Valitettavasti kommunikaatiomenetelmän tai -teknologian valinta on aina hyvin sovellusspesifistä, riippuen kulloinkin suunnitelmassa olevan sovelluksen teknologisista ja liiketoiminnallisista tarpeista.

Akkukäyttöiset langattomat kommunikaatiolaitteet ovat viime vuosiin saakka tukeutuneet 3GPP-yhteisön pitkän kantaman 2G/3G/4G-operaattoriverkkoihin ja vapailla ISM kaistoilla pääasiassa toimiviin lyhyen kantaman teknologioihin kuten WiFi, Bluetooth, ZigBee ja ANT. Mainitut teknologiat ovat pääasiassa mobiililaitteiden ja langattomien lähiverkkojen sekä urheilulaitteiden yleistymisen takia tulleet suosituimmaksi, jolloin volyymit ja sitä kautta hinnat ja teknologiauskottavuus ovat pysyneet hyvinä. IoT-ratkaisujen kehittymisen myötä niin kutsututu-

jen Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)-tekniikkojen eli pitkän kantaman ja pienten datamäärien ja energiankulutuksen kommunikaatiotekniikkojen (LoRa, SigFox, NB-IoT, jne) kehitys on myös kiihtynyt ja myös uusia menetelmiä on kehitetty. Kuva 2 näyttää yleisimmin käytetyt ja tulevaisuudessa potentiaalisimmat akkukäyttöisissä IoT-laitteissa käytettävät kommunikaatoratkaisut, joista keskustellaan eniten tällä hetkellä (Chen, 2017; Raza, 2017).



Kuva 5. Yleisimmät langattomat kommunikaatiomenetelmät.

Kommunikaatiomenetelmän valinta on siis teknologinen ja liiketoimintamalliin perustuva kompromissi, johon vaikuttavat mm. langattomalta linkiltä vaadittava maksimi siirtonopeus, tarvittava maksimi ulko- ja sisäkantama, tarvittava tietoturvan taso sekä teknologian ja laitetuotteiden uskottavuus elinkaaren näkökulmasta.

2.4 Big data -ratkaisut ja niihin liittyvät ylläpito- ja analysointityökalut

Tässä kappaleessa ja liitteessä 1 on käsitelty muutamia kaupallisia [Big data](#) -teknologioita. Big datalla tarkoitetaan yleisellä tasolla erittäin suurten, järjestelemättömien, jatkuvasti lisääntyvien tietomassojen keräämistä, säilyttämistä, jakamista, etsimistä, analysointia sekä esittämistä tilastotiedettä ja tietotekniikkaa hyödyntäen. Big data -standardointityö on vielä kesken, joten tässä esitetyt asiat ja myös itse Big data -määritelmä muuttuu ja täsmentyy ajan myötä.

Ratkaisut ja niitä tarjoavat yritykset voidaan jakaa ainakin viiteen eri ryhmään. Data as a Service (DaaS) -teknologiat tarjoavat pääsyn kerättyyn dataan avointen rajapintojen kautta. Software-as-a-Service (SaaS) -yritykset taas ovat erikoistuneet analytiikkatyökalujen tarjoamiseen palveluna avoimien rajapintojen avulla. Ohjelmistokehitystyökaluja käytetään sovellusten muokkaamiseen, jotta dataa voidaan niistä kerätä. Kerätyn tiedon analytiikkatyökalut tarjotaan web-käyttöliittymän ja mobiilisovelluksen avulla. Infrastructure as a Service (IaaS) -ratkaisut tarjoavat cloud-pohjaisen infrastruktuurin datan keräämiseen ja analysointiin. Neljäs ryhmä koostuu yrityksistä, jotka tarjoavat työkaluja datan keräämiseen ja analysointiin yrityksen omassa infrastruktuurissa. Viidennen ryhmän palvelut mahdollistavat lokitiedon, joka on kerätty eri tietolähteistä, keräämisen, hallinnan ja analysoinnin. Big dataan liittyy myös erilaisia visualisointityökaluja, joita voidaan jaotella suhteessa käyttöliittymän ominaisuuksiin, ajonäkökseen ympäristöön, hyväksytyihin tietolähteisiin sekä ulkoisiin tilastollisiin rajapintoihin.

Big data -arkkitehtuurin suunnitteluun ja toteutukseen on useita lähestymistapoja. Tässä on kuvattu yksi mahdollinen lähestymistapa arkkitehtuurin suunnitteluun ja teknologiavalintoihin. Aluksi haluttu tietojärjestelmä tulee pystyä kuvaamaan arkkitehtuurina. Suunnittelun lähtökoh-

daksi voi ottaa referenssiarkkitehtuurin, joka pohjautuu jo todennettuihin arkkitehtuuritoteutuksiin Esimerkkejä tällaisista Big data -järjestelmien toteutusarkkitehtuureista ovat pääasiassa isojen yritysten tuotteet kuten LinkedIn, Facebook, Twitter jne.). Seuraavassa vaiheessa yksi mahdollinen lähestymistapa suunnittelulle on määritellä tietolähteet, tiedon tallentaminen ja toiminnallisuudet arkkitehtuurissa [a]. Toinen lähestymistapa voisi olla Big data -ratkaisuihin liittyvä Lambda-arkkitehtuuri, jossa tiedon prosessointi määritellään reaaliaikaiseen ja eräajo-tyypiseen toiminnallisuuteen (Kiran et al, 2015, Marz&Warren, 2013).

Esimerkkejä Big data -järjestelmien toteutusarkkitehtuureista, joita voi hyödyntää suunnittelussa on kuvattu kirjallisuudessa. Mikäli järjestelmän haluaa rakentaa itse eri teknologiaratkaisuista, on mahdollista hyödyntää teknologiakarttaa (Pääkkönen&Pakkala 2015). Toteutuksen voi tehdä monella tavalla, mutta ainakin seuraavia asioita tulisi miettiä:

- Minkälaisia palveluita järjestelmän on pystyttävä tarjoamaan itselle ja muille toimijoille?
- Mitkä ovat tärkeimmät kerättyyn tietoon pohjautuvat analyysit, jotka on pystyttävä tuottamaan järjestelmällä nyt ja tulevaisuudessa? Valittujen palveluiden ja teknologioiden on pystyttävä tukemaan analyysien tuottamista.
- Mihin infrastruktuuriin tieto tallennetaan ja missä tieto prosessoidaan (oma infrastruktuuri, pilvi-palvelu tai näiden yhdistelmä)? Pystytäänkö takaamaan arkaluonteisen tiedon turvallisuus valitussa infrastruktuurissa?
- Rakennetaanko järjestelmä eri teknologioista, vai käytetäänkö mahdollisimman paljon valmiina saatavia palveluita (esim. SaaS palveluita)? On myös mahdollista ostaa lisenssejä ohjelmistoihin ja työkaluihin, joita voi ajaa omassa infrastruktuurissa. Näihin valintoihin liittyy olennaisesti myös järjestelmän kustannusten arviointi.

Yksi tärkeimmistä tulevan järjestelmän vaatimuksista on olla yhteen toimiva muiden kaupunkien vastaavien järjestelmien kanssa. Määrittelyssä ja suunnittelussa tulisi ottaa huomioon myös palvelupohjaisten rajapintojen määrittely ja suunnittelu, järjestelmän kehittäminen mikropalveluina, väliohjelmistojen (middleware) kehittäminen, tietomallien suunnittelu sekä arkkitehtuurin vaiheittainen kehittäminen. Järjestelmän tulevaisuuden laajennettavuuden kannalta arkkitehtuuri tulee suunnitella teknologiasta riippumattomasti sekä tunnistaa alustavasti tarpeet laajennettavuudelle. Järjestelmän elinkaarta voi miettiä mm. kerätyn ja analysoidun tiedon tai palveluiden elinkaaren näkökulmista.

3 Selvitykset erilaisten ratkaisujen tarjoamista mahdollisuuksista sekä asiantuntija-arviot niiden merkityksestä Savilahden ICT-alustan toteutuksen kannalta

3.1 Kuvaukset/esimerkit IoT-ratkaisujen sovellusmahdollisuuksista

Älykaupungin määritelmä sisältää useita osa-alueita, jotka ovat liikenne, rakennukset, energia, infrastruktuuri, terveydenhoito, teknologia, koulutus ja asuminen (Frost&Sullivan, 2014). Tässä selvityksessä pureudutaan muutamaa merkittävimpään osa-alueeseen ja IoT-ratkaisujen soveltamiseen näillä segmenteillä toimeksiannon painotukset huomioiden. Seuraavat IoT-sovellusesimerkit on kerätty VTT:n julkisista asiakas- sekä tutkimushankereferensseistä tehtävänannossa mainituista sovellusaloista.

3.1.1 Liikenne ja ympäristö

Parhaillaan menneillään olevassa Living Lab Bus -hankkeessa (LLB) edistetään liikkumisen palveluiden kehitystä avoimen kokeiluympäristön avulla. Hanke toteutetaan VTT:n, Aalto-yliopiston, Tampereen yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyönä. Avoin kehitysympäristö tarjoaa mahdollisuuden kehittää ja todentaa uusia palveluita ketterästi sekä hallitusti. Hankkeen aikana kehitettävät liikkujan palvelut ja liikennepalvelut pyrkivät vastaamaan käyttäjien tarpeisiin sujuvoittaen ovelta–ovelalle matkojen tekemistä sekä kannustaen kestävään liikkumiseen. Käyttäjät osallistetaan palvelukehitykseen ideoinnin, palautteen ja tarpeiden kautta. Liikkujien näkyvä huomioiminen ja kuunteleminen parantavat osaltaan joukkoliikenteen käyttäjäkokemusta. Käytettävyyttä edistetään sekä yleisesti joukkoliikenteen käytettävyyden helpottamisen, että itse ajoneuvoympäristön viihtyisyyden kehityksen kautta. LLB-projektin sovellusesimerkkejä ovat esimerkiksi:

- Matkustajapalvelut ja opastussovellukset
- Ympäristön havainnointiteknologiat sisältäen liikenteen melu, ilman laatu jne.
 - Liikkuvat anturit ympäristön ja saasteiden havainnointiin-> viranomaistieto
- Digitaalisten palvelukonseptien kehitys ajoneuvosta, ihmisistä ja ympäristöstä saatavan datan perusteella
- Älyliikennekehitys, MaaS

Joukkoistamisen, autonomian, lisääntyvän sähkökäytön sekä uusien liikennepalveluiden avulla liikkumisesta tulee nykyistä tehokkaampaa, ympäristöystävällisempää ja turvallisempaa [8]. Tulevaisuuden monimuotoiset langattomat monitorointi- ja infrastruktuuriratkaisut tulevat olemaan merkittävä osa liikenteen, ympäristön, tiestön ja kaupunkien virkistysalueiden informaation keruujärjestelmää. Robustit langattomat ympäristön olosuhde- ja läsnäolon mittauspisteet, (CO₂, VoC, PM_{2.5}, RH, lämpötila), jotka tukeutuvat viimeisimpiin 5G-tiedonsiirtoteknologioihin, ovat kattavasti hyödynnettävissä muun muassa ennakoivaan kunnossapitoon, käyttöastelaskentaan ja kaupunkisuunnitteluun.

IoT:n hyödyntäminen näkyy ensisijaisesti liikenteessä käyttäjien ohjaamisessa ja katuverkon kunnonvalvonnassa sekä erilaisissa liikenteenohjaussovelluksissa. Monimuotoiset liikkumismuodot ja älyliikennepalvelut tukeutuvat vahvasti liikenteestä kerättävään sensoridataan ja tekoälyyn. Tekniikka ja talous -lehden (13.10.2017) mukaan tulevaisuuden liikenne ja liikkuminen tulee muuttumaan erilaisten liikkuminen palveluna-konseptien (MaaS, Mobility as a Service), joukkoistamisen, autonomisten autojen ja sähköajoneuvojen myötä.

Muun muassa tieverkostot, tietoliikenneverkot ja sähköajoneuvojen latausverkostot täytyy suunnitella tulevaisuuden monimuotoista liikkumista, automaattista ajamista sekä älyliikennepalveluita silmällä pitäen. Merkittävässä roolissa on myös kehittyvä V2V-kommunikaatio (Vehicle-to-Vehicle), jossa autot välittävät mm. keliolosuhdetietoja, ruuhkatietoja, onnettomuustietoa ja tiestön kuntotietoa. Älyliikennepalveluita ovat esimerkiksi erilaiset opastussovellukset (ovelta-ovelle reititys) ja liikenteenohjausjärjestelmät, jotka hyödyntävät laajasti sekä liikennedataa, sää tietoja ja -ennusteita (kelikamerajärjestelmät, ympäristötieto) ja tiestön kuntotietoa (vauriotiedot ja tietyömaat).

3.1.2 Älykkäät kiinteistöt, asuminen ja energiantuotanto

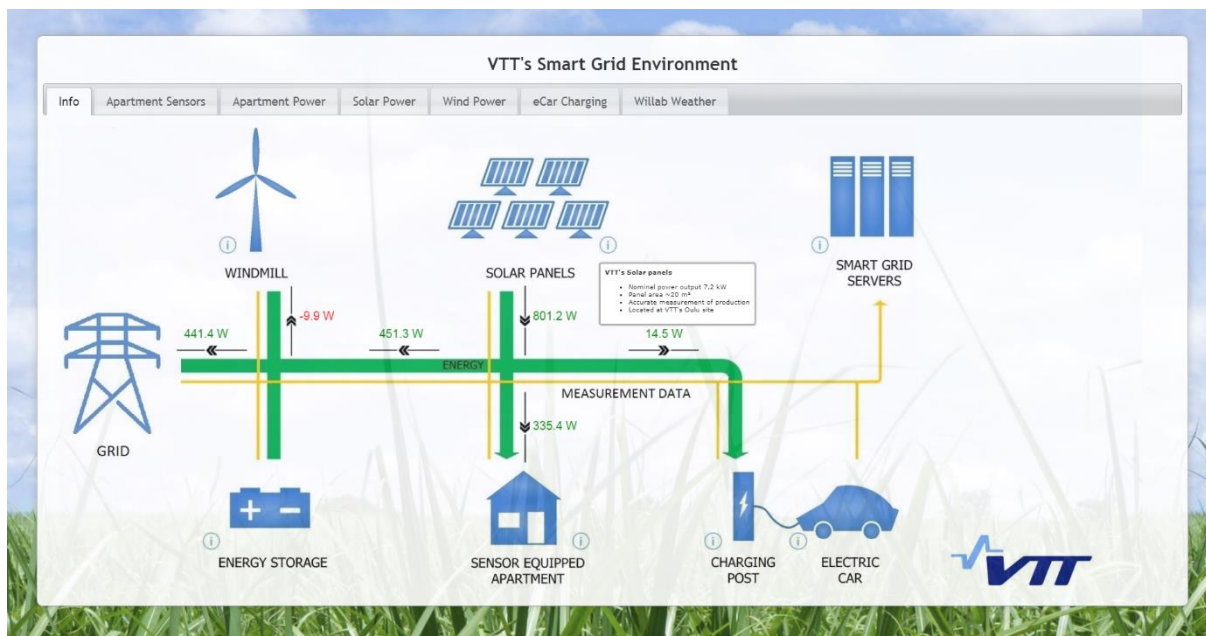
Virtuaalinen Palveluympäristö (Virpa) -projektissa on kehitetty Älykäs koti- ja Smart Grid -teknologioita pientalo- ja kiinteistöympäristöihin tavoitteena energiatehokkuus, rakenteiden ja rakennusten linkkaaren hallinta sekä viihtyisyä ja turvallinen asuminen. Projektissa kehitettiin ja konseptointiin erilaisia langattomia monitorointi ja ohjausjärjestelmiä VTT Oulun Smart Grid –ympäristössä edellä mainituilla segmenteillä.

Kattavat monitorointiratkaisut sisä- ja ulkotilan lämpötilan, kosteuden, paine-eron, hiilidioksidi (CO₂) ja erilaisten partikkelipitoisuuksien (VoC, PM_{2.5}) ja laitteiden energiankulutuksen mittaamiseen tulevat olemaan osana talojen ja toimistojen automaatiojärjestelmiä. Tulevaisuuden talojen ja toimistojen automaatiojärjestelmä hyödyntää langattomia integroitua anturointi- ja ohjausratkaisuja käytön olosuhteiden ja energiatasapainon hallinnan lisäksi rakenteiden elinajan optimointiin ja seurantaan.

Tästä sovellusesimerkkinä on VTT:n tutkija-asuntoon kehitetty automaattinen olosuhteiden säätöjärjestelmä, jossa kodin lämmitysjärjestelmää, ilmanvaihtokonetta ja valaistusta voidaan säätää läsnäolotietojen, lämpötilan, paine-eron, CO₂-pitoisuuden ja kosteustasapainon perusteella optimaalisten asuinolosuhteiden ylläpitämiseksi.

Senaatti-kiinteistöjen toimistotilat taas on instrumentoitu lämpötila-, kosteus-, liiketila- ja hiilidioksidimittareilla, joista kerätään koostetusti tietoa kokoustilojen sisäilman laadusta ja käyttöasteesta. Lisäksi käyttäjäpalaute toteutuneista olosuhteista kerätään digitaalisesti jatkokäyttöä varten. Seuraavassa vaiheessa tilojen varausjärjestelmä, sisäilman laadun mittaukset ja käyttäjätiedot yhdistetään rakennusautomaatiojärjestelmään ohjaustiedoiksi.

VTT:n Oulun toimipisteeseen on rakennettu vuonna 2011 integroitu tutkimusympäristö, jotta voidaan riskittömästi kokeilla ja testata älykkääseen verkonhallintaan ja uusiutuvaan energiaan, pientalojen monitorointiin ja ohjaukseen liittyviä innovaatioita. Tutkimusympäristö on suunniteltu vastaamaan pienen taloyhtiön tarvitsemaa energiapakettia, joka tärkeimmät osat ovat tuulimylly, aurinkovoimala, energiavarasto, saarekeverkko, asunto saarekeverkossa (ledivalaisu, älykäs sähköpääkeskus, alamittaukset sekä langaton olosuhteiden monitorointi sekä ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjausjärjestelmät), sähköauto, etäohjattavat latauspisteet ja SmartGrid palvelin, joka on kytketty suoraan internettiin mahdollistaen kaikkien laitteiden ohjauksen, monitoroinnin sekä tuotto- ja kulutustietojen keräämisen.



Kuva 2. VTT Oulun Smart Grid ympäristön arkkitehtuurikuva.

Kun tarkastellaan paikallisen energiantuotannon mahdollisuuksia ja haasteita tulevaisuudessa on selvää, että nykyisenkaltaisen mittarointi- ja ohjausjärjestelmä ei pysty palvelemaan tulevaisuuden tarpeita. Tarvitaan monipuolisempaa tietoa, esimerkiksi asunnon energianlähteistä sekä energiavarastoista ja niiden käytettävyydestä energiankulutushuippujen leikkaamiseen sekä säätövoiman kehittämiseen. Tulevaisuudessa on tarpeen rajata järkevästi sekä asunnon tai rakennuksen maksimikulutusta asetettuun raja-arvoon nähden, jolloin pitää pystyä tunnistamaan eri kulutuslaitteet sekä niiden ohjaamisen avulla laskea kulutusta raja-arvon alle. Eriytisesti tämä koskee tulevaisuudessa sähköautojen liittämistä kotitalouksien sähköverkkoon. Myös sähkönkulutuksen alueellinen tasapainottaminen vaatii yksityiskohtaista tietoa kulutuksen jakautumisesta sekä kuormista, joita voidaan ohjata.

Saksassa ollaan pisimmällä paikallisen uusiutuvan energiantuotannon kehittämisessä. Sieltä voidaan saada myös viitteitä siitä mitä suomessa kannattaisi tehdä toisin, jotta vältettäisiin ongelmia. Suurin haaste on pienvoimaloiden kontrolloimaton toiminta. Pienvoimalat tulisi yhdistää tietoverkkoon (internet) siten, että ne ovat ohjattavissa ja tarvittaessa kytkettävissä pois verkosta. Tällä voidaan estää verkon ongelmat (esim. ylijännite ja taajuuden ryömintä). Toinen tärkeä tavoite on lisätä sähköverkon joustavuutta. Suomessa ollaan purkamassa pois hiili- ja dieselkäyttöisiä säätövoimalaitoksia kannattamattomina, vaikka toisaalta mm. tuulivoiman rakentaminen lisää säätövoiman tarvetta.

Uutena mahdollisuutena mukaan tuodaan myös rakennusten käyttö säätövoimana ja kulutushuippujen leikkaajana (Cheo et al., 2017; Känslä et al., 2017). Jotta tämä olisi mahdollista hyödyntää täysimääräisesti, tarvitaan reaaliaikaista tietoa siitä, paljonko kulutusta kiinteistössä on mahdollista vähentää tietyssä aikana esimerkiksi seuraavan tunnin aikana. Lisäksi tämä tieto on saatava alueellisesti riittävän monesta rakennuksesta, jotta sillä on merkitystä alueen energiataseen kannalta.

Verkottuneet toimilaitteet, kodinkoneet, sähköautot ja asunnot ja jopa konesalit ovat osana tulevaisuuden energianhallintajärjestelmää. Asuntoja, asuinalueita ja kaupunginosia voidaan hyödyntää säätöreservinä energian kulutusjoustoon (Määttä et al., 2017; Paiho et al., 2015). Savon voimalla muun muassa on rakenteilla ns. virtuaalivoimalaitos, jossa voimala seuraa reaaliajassa sähkön kysynnän ja tarjonnan tasapainoa ja säätää järjestelmään kytkettyjen laitteiden kulutusta ja voimalaitosten tuotantoa sen mukaisesti.

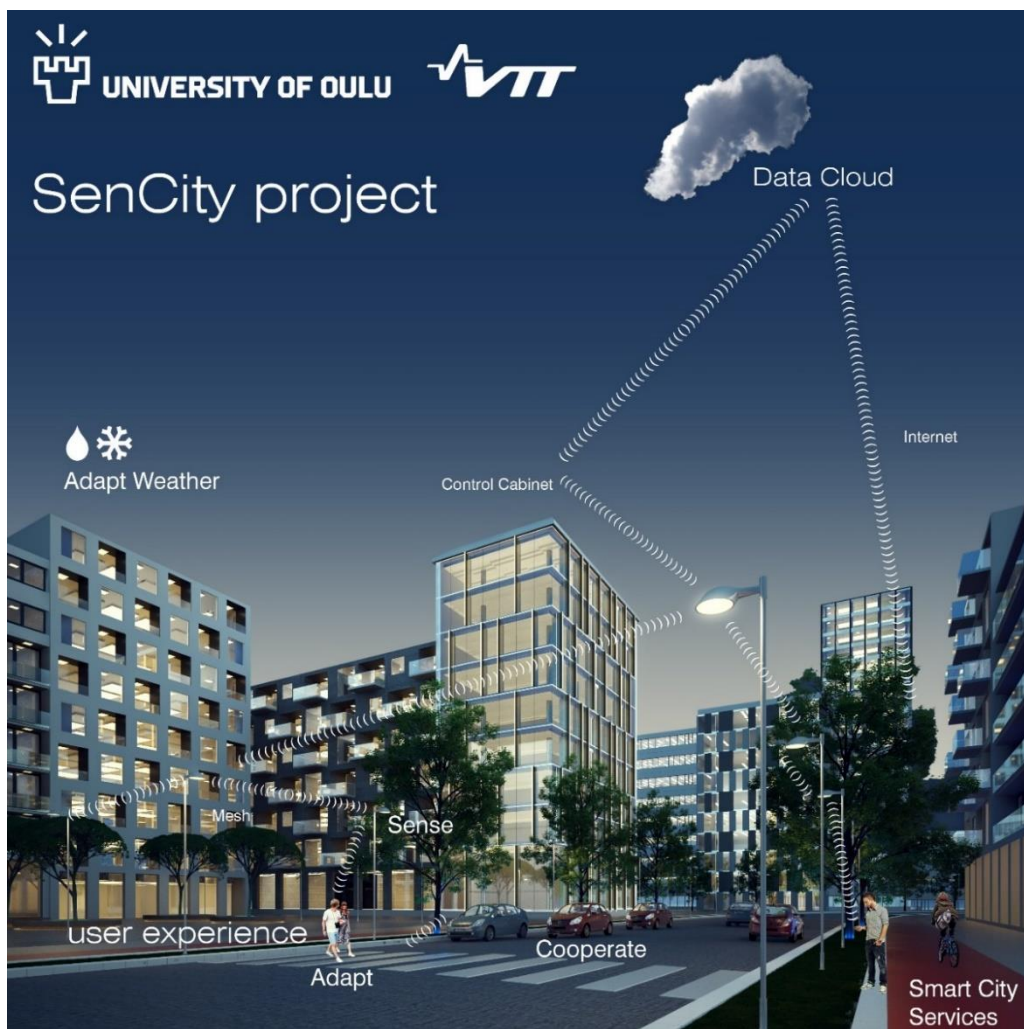
3.1.3 Kaupunkisuunnittelu, -rakentaminen ja ylläpito

Älykäs valaistus innovatiivisen kaupungin palvelualustana (SenCity) -ryhmähankkeessa pilotoidaan älykästä LED-valaistusta ja digitaalisia palveluita kuudessa suomalaisessa kaupungissa erilaisissa ympäristöissä. Katuvalaistuksen sähkönsyöttö ja uusissa älykkäissä asennuksissa myös valokuituyhteys houkuttelevat hyödyntämään valaistusrakennusta myös muiden teknologioiden kuten esimerkiksi tukiasemien ja erilaisten antureiden sijoituspaikkana. Katuvalaistusta ja näitä teknologioita yhdistää tarve olla läsnä siellä missä käyttäjiä on eniten.

SenCity-hankkeen keskeiset aihealueet ovat:

- Käyttäjäkokemus: Miten älykästä valonohjausta tulisi soveltaa kaupunkiympäristöissä?
- Teknologia: Mitä ratkaisuja tarvitaan älyvalaistussovelluksiin Suomen ilmastossa?
- Bisnes: Miten valaistusrakennusta voidaan hyödyntää älykaupungin toiminnoissa? Mitä uusia palveluja voidaan kehittää?

SenCity hanke kehittää älykästä valaistusta kaupunkien IoT-järjestelmien tukirankana. Koeasennukset luovat Suomeen pilotointiympäristön, jossa uudenlaisia kaupunkidataa perustuvia ratkaisuja voidaan kehittää ja testata myös tulevaisuudessa. Ympäri Suomea toteutettavat pilotit kytkyvät SenCity-hankkeeseen osallistuvat kaupungit, tutkimuslaitokset ja valaistus- ja tietoliikennealan yritykset konkreettiseen kehitystyöhön yhteisen teeman ympärille.



Kuva 3. SenCity älyvalaistuksen arkkitehtuurikuvaus.

Valaisininfrastruktuuria voidaan hyödyntää useissa eri sovelluksissa. Esimerkkeinä alla on listattuna muutamia älyvalaistusteknologiakonseptin sovelluskohteita.

- Mesh-verkon alustateknologiana
- Energian säästöön (katuvalaistuksessa)
- Optimaalinen valaistustason säätäminen (autojen valot, ympäristön valaistus)
- 5G-verkon tukiasemaverkko
 - mahdollinen NBIoT/LoRa/SigFox-, BLE-, WLAN-, LTE -tuki
- Ympäristön havainnointi
 - säätila, opastus
 - vaaratilanteet (kaasuvuodot, ympäristöuhat)
- Turvallisuus
 - valvonta antureilla, liikehälyttimet, opastus
 - ITS-järjestelmät, eläinhavainnot, sääolosuhteet, liikennetiedot
- Videovalvonta-alusta
- Valaistusviihtyvyys
 - valaistusprofiilit eli ympäristön mukauttaminen valaistuksen avulla

Erilaiset elinkaarimallit tulevat useilla liiketoiminta alueilla yhä vahvemmin esiin. Etenkin rakennus ja infrarakentamisessa tarvitaan globaaleja referenssimalleja, joihin kaikki integroitava tieto sekä dynaaminen, että staattinen voidaan sitoa. Standardimallit esim. BIM (Building Information Modelling) rakennuspuolella helpottavat tätä, mutta tarjoavat samalla myös oivan tavan visualisoida IoT-laitteiden tuottamaa dataa liitettyinä fyysiseen ympäristöönsä virtuaalimallissa.

BIM-mallien avulla saadaan fyysinen anturi ja toimilaite sidottua ja organisoitua kolmiulotteiseen (3D) virtuaaliseen kaksoseen (Digital Twin). Rakennuksista ja infrasta tehtävät digitaaliset kaksoset ovat tulevaisuudessa osana kiinteistöjen suunnitteluprosessia, optimointia ja rakenteiden ja tekniikan elinkaaren hallintaa (vrt. nykyinen digitaalinen talokirja). BIM mallia käytetään jo yleisesti rakennuksen suunnittelussa, kun kyseessä on monimutkaisempi kokonaisuus. Mallin etuna on se, että kaikki rakennuksen toimintaan liittyvä tekniikka voidaan koota samaan 3D malliin. Mallissa on mukana tavallisesti myös LVIS-suunnitelmien tieto (kaapelit, putket tms.). Digitaalinen kaksonen sisältää tulevaisuudessa myös erilaiset digitaaliset tiedot toimilaitteista ja mittauksista. Virtualisointi tuo etuja mm. laiteintegrointiin, suurten laitemäärän hallintaan sekä huolto-, ylläpito- ja vikadiagnostiikkapalveluihin.

BIM-mallia voidaan käyttää myös visualisoinnissa, jolloin rakennukseen voidaan tutustua, vaikka kävelemällä oikean rakennuksen digitaalisen kaksosen sisällä. Augmented Reality (AR) ja Virtual Reality (VR) -teknologiat helpottavat datan visualisointia ja ovat tulevaisuudessa osana ihmisten jokapäiväisessä asumisessa.

3.1.4 Terveys ja hyvinvointi

Suomessa 20 prosenttia väestöstä on yli 65-vuotiaita ja vuonna 2030 heitä on 26 prosenttia. Ihmiset elävät pidempään ja samalla sairaiden suhteellinen osuus kasvaa. Yhä useampi haluaa asua omassa kodissa mahdollisimman pitkään tai joutuu niin tekemään muun muassa hoiva-asuntojen rajallisen määrän vuoksi. Kotia voidaan muokata vastaamaan ikääntyvän tai muistisairaana tarpeita. Toimintaa aistivan anturiteknologian ja IoT:n hyödyntäminen mahdollistavat digiloikan, jolla tuetaan itsenäistä ja hyvää asumista kotona (VTT, 2017).

Terveys- ja hyvinvointiteknologiat tulevat olemaan tulevaisuuden senioriasumisessa merkittävässä roolissa. Muuan muassa erilaiset älyrannekkeet, kaatumisentunnistusjärjestelmät, käytäytymisen havainnointialgoritmit, läsnäolon ja päivärytmin tunnistusmenetelmät ovat teknologioita joilla tuetaan ikääntyvien kotona asumista. Palvelu- ja sosiaalinen robotiikka tulevat osaksi ikääntyvien terveyden ja sairaanhoitoa. Robotiikkaa tullaan hyödyntämään muun muassa vanhusten liikkumisen avustamiseen, opetuksessa, lääkejakelussa ja etähoidossa (VTT, 2017). Esimerkkejä terveyden- ja hyvinvointiteknologioiden sovelluskohteista ovat:

- Ihmisen toimintaa aistivat älykkäät kodin sensoriratkaisut ja -fuusio
 - Liiketila (PIR), olosuhteet (lämpötila, CO₂), energian kulutus (vesi, sähkö, ilmanvaihto, kodinkoneet)
 - Henkilöanturointi, älyrannekkeet, paikka- ja tilatieto, mm. kaatumisen tunnistus
- Liikenteen opastussovellukset
- Terveysterveystenhuolto, sairaanhoito
 - Teko- ja tukiäly, verkottuneet terveyden monitorointilaitteet, lääkejakeluautomaatiikka
 - 5G ja etäkonsultaatio ja -operointi
 - Robotiikka, avustava ja sosiaalinen
- Senioreiden kauppapalvelut
 - Verkkokaupat, uudet lähikauppapalvelut
- Hyödyntäjinä mm. omaiset, kunta, kotihoito, terveyden- ja sairaanhoitopalvelut

Eritasoiset teko- tukiälysovellukset voivat auttaa meitä kertomaan mittaustietojen ja taustadatan pohjalta tarvitsemme erikoislääkärin palveluja vaiko fysioterapiaa tai analysoida ovatko meidän liikuntaohjelmamme linjassa ruokailutottumustemme kanssa tehden ehdotuksia terveellisimmistä elintavoista. Kokonaisuudessaan teko- ja tukiäly vapauttaa ihmisresursseja monimuotoisempiin ja mielekkäämpiin tehtäviin monella eri sektorilla.

3.1.5 Visio asumisesta Savilahden kaupunginosassa – kuvitteellinen tarina

Seuraavassa kuvitteellisessa tarinassa visioidaan lähitulevaisuuden elämistä Kuopion Savilahdessa. Tarinassa kuvataan sitä, miten eri teknologioita voidaan soveltaa ja hyödyntää kaupunkiympäristössä asumiseen, terveys- ja hyvinvointipalveluihin, liikennejärjestelmiin sekä energianhallintaan liittyen.

Eletään vuotta 2025. Mirjami ja Matti Vuorinen asuvat Kuopion Savilahden omakotialueella uuden karheassa kodissaan heidän 10-vuotiaan Arttu-poikansa kanssa. Mirjamin eläköityneet

vanhemmat Sulo ja Anja asuvat viiden minuutin bussimatkan päässä viihtyisässä luhtitalokorttelissa ja Matin äiti Elma viettää vanhuudenpäiviään Savilahden keskustan senioritalossa.

On lokakuun lopun perjantaiaamu ja Mirjami herää lempimusiikin sointuihin valaistuksen hiljalleen voimistuessa makuuhuoneessa. Kahvin tuoksu leijailee Mirjamin sieraimiin hänen kävellessään listavalojen ohjaamana kylpyhuoneeseen. Suihku avautuu ja sopivan raikkaaksi esilämmitetty vesi käynnistää mukavasti Mirjamin aamun.

Eteisaulan huonetaulu ilmoittaa Artun edellisyön levottomuuden syyksi pienen lämmön nousun. Matti avaa raportin ja näkee että Artulle profiloitu tukiäly on jo analysoinut esikoostetut sänky- ja biometrinen antureiden mittaustulokset ja diagnosoinut oireet kausiflunssaan liittyviksi. Kotihoidolla mahdollisesti selvittää. Omalääkäriltä tuli Matin rannetietokoneeseen viesti siitä, että influenssasta on todennäköisesti kyse, mutta pyytää vahvistukseksi lähettämään pikanielunäytteen ja digikuvan tietokantaan.

Matti päättää jäädä Artun seuraksi kotiin ja merkkaa itselleen etäpäivän järjestelmään. Talon hallintajärjestelmä havaitsee tilanteen ja energiajärjestelmä sopeuttaa lämpötilaprofiiliin uuteen tilanteeseen sopivaksi. Perheen sähköauto pihalla alkaa syöttää lämmitysjärjestelmää uuden profiiliin mukaisesti. Tänään ei sitten myydä sähköauton energiaa ulos naapurin kasvihuoneeseen. "Harmi, koska spottisähkön hinta olisi huipussaan." miettii Matti. Jääkaappi ehdottaa olemassa olevien ainesosien perusteella lounaaksi Artun ja Matin lempiruokaa lasagnea. Tosin juusto puuttuu, josta Matti saa tilausvahvistuspyynnön kännykkäänsä. Postin lähikuljetuspalvelu on ripeä jälleen ja mozzarella juusto ehtii lounaaksi uuniin lasagnen kaveriksi.

Mirjamin lento Helsinkiin lähtee tunnin kuluttua, joten julkisilla sähköbusseilla ei lennolle millään ehdi. Mirjami päättää kokeilla onneaan ja kirjautuu paikalliseen MaaS-autopalveluun. "Hienoa. Lähin vapaa auto onkin parin sadan metrin päässä huoltoaseman pihalla." Matkalla autolle kännykän karttapalvelu tunnistaa kohteen ja optimoi reitin liikenneruuhkia välttäen. Matkalla autojen liikennejärjestelmä ilmoittaa valtatie hirvihavainnosta ja liukkaasta tienpinnasta auton infotaulussa. "Pitääpä olla tarkkana." Mirjami ajattelee samalla, kun tuulilasiin tulee Finnairin "Lähtöselvitys tehty" -ilmoitus.

Matti saa AR-lasit päähänsä ja toivottaa juuri palaverin osallistujat tervetulleeksi johtoryhmän kokoukseen, kun lasien nurkkaan tulee Elman viikoittainen raportti terveydentilasta senioritalon tietojärjestelmästä. Sopivan tilaisuuden tullen Matti avaa pikaisesti viestin ja analyysin mukaan Elmalla on orastava muistisairaus. Matti muistelee, että viime aikoina Elman käytös onkin senioritalon järjestelmän mukaan poikennut tavanomaisesta. Onneksi tämä havaittiin hyvissä ajoin ja uudet hoidot saadaan aloitettua ajoissa. Itsenäisen avustettu asuminen voi jatkua.

Mirjami hyppää koneeseen ja tekee vielä lähikauppaan tilauksen viikonlopun ostoksista. Järjestelmä ehdottaa kotiinkuljetusta mutta Mirjami valitsee ekologisemman aikataulutetun noudon Matin työmatkan varrelle.

Sulo ja Anja ovat lähdössä saaristomökilleen viikonlopun viettoon. Mökin automaatio asettaa LVIS-järjestelmän käyttöasentoon kalenterimerkinnän mukaisesti ja kodin järjestelmä vastavasti huolehtii luhtitalon osakkeen automaatiojärjestelmästä. "Poissa"-tila siirtää palvelurobotin lepotilaan, aktivoi matalamman lämpötila-asetuksen, ilmanvaihtokoneen tehon sekä asettaa valaistuksenohjauksen mukailemaan asumista. Asunto-osakkeen tuoma energiansäästöpotentiaali lisätään taloyhtiön laskennalliseen energiataaseeseen. Näin adaptiivisesti luhtitalo-asuinalue osallistuu kaupungin energiayhtiön reservimarkkinoille.

Artulle tulee viesti negatiivisesta nielunäytetuloksesta ja toissa yön kuumekin on poissa. Perusflunssaa siis. Treenipaita päälle ja opastetusti kevyttä iltakävelyä. Paita ilmoittaa hyvistä elintoiminoista ja data siirtyy Polar pilveen katuvalaisinverkon kautta. "Uudet Savilahden tehokkaat ledikatuvalaisimet ovat kyllä hienot." Arttu miettii. Data liikkuu katuvalaistusverkossa joutuisasti, vaikka somettamisen tarpeisiin. "Oli kiva saada luokkakaveri virtuaalisesti mukaan

lenkille.” Valaistusprofiili ja lisätty todellisuus muokkaavat kivasti muuten niin synkkää loka-kuista iltaa. Matti-isäkin saa reaaliaikaisen tiedon poikansa liikkeistä, ympäristön ilmanlaadusta ja vaikka live-videota tarvittaessa. Savilahden kaduilla on turvallista.

Matin toimistopäivänä kymmenen hengen palaverivaraus neuvottelutilaan havaitaan järjestelmässä ja tilajärjestelmä ennakoii säätämällä ilmanvaihdon, lämpötilan sekä valaistuksen optimaaliseksi henkilömäärän nähden. Kesken palaverin tulee vaarallisten aineiden hälytys, jolloin sekä Savilahden älykorttelin että Matin työpaikan ilmanvaihto sulkeutuu automaattisesti turvallisen sisäilman laadun varmistamiseksi. Matille tulee vielä ilmoitus kotiin liittyvien uusien suositusten vaihtosuosituksesta ja tilausehdotuksesta sekä lokakuun raportti kodin digitaalisesta talokirjasta. Kaikki näyttää olevan kunnossa; historiadanat energiansäästöpallo näyttää positiiviselta ja talon kuntoprofiili on vihreällä.

Artun digipeliporukka on kokoontunut Artun kotiin pelailemaan. Arttu näyttää kavereilleen uutta energiapeli-sovellusta, jossa voi tienata lisää pelaikaa säästämällä energiaa. ”Tienasinkin taas 30 minuuttia lisää aikaa aamun pikasuikasta.” Arttu tuumaa. Artun kaveri Jimi skannaa älykellollaan Bluetooth-laitteita ja huomaa pitkän listan outoja laitteita. Jimin mielenkiinto herää ja hän alkaa tutkia vastaanotettuja datapaketteja tarkemmin. Jimi havaitsee haavoittuvuuden ja ottaa yhden laitteista hallintaansa ja muuttaa sen mittaustuloksia. Taustajärjestelmä kuitenkin havaitsee poikkeavat mittaustulokset ja jättää asetukset huomiotta. Turvallisuusmoodissa taustajärjestelmän pilvipalvelu korjaa puutteen lisäämällä vahvan salauksen myös langattomiin mittausanturin lähettämiin viesteihin.

3.2 Selvitys IoT-ratkaisujen laajenevaan käyttöön liittyvistä hyödyistä, haitoista, toteutuksen ongelmakohdista sekä tarjolla olevista ratkaisuista

IoT-teknologioiden käyttöönotto ja laajeneva käyttö älykaupunkien rakennukseen liittyen on valtava mahdollisuus, mutta matkalla IoT:n hyödyntämiseen vaanii myös muutamia riskejä ja uhkia, joihin pitää reagoida etukäteen, jotta käyttöönotosta saadaan kaikki mahdollinen hyöty irti. (Brett Murphy et al., 2015; Agarwal, 2015) Tässä kappaleessa tarkastellaan [SWOT-analyysin](#) keinoin IoT-teknologioiden hyödyntämisen sisäiset vahvuudet ja heikkoudet sekä ulkoiset mahdollisuudet ja uhat. Jokaisen kohdan perään on lisätty linkki tai pari havainnollistamaan kohtaa sekä kohdan jälkeen mahdolliset ehdotetut toimenpiteet, joilla riskejä, uhkia ja mahdollisuuksia hallitaan.

3.2.1 Vahvuudet

Kun tarkastellaan erilaisia IoT menestystarinoita, on ilmeisin ja suurin IoT:n käyttöönotosta tuleva hyöty usein toimintojen **tehostuminen** ja sen myötä **kustannuksiin** kohdistuva tehostuminen. Kun käyttäjillä ja säätöjärjestelmillä on IoT-mittausten ja kommunikaation myötä parempi, ajantasaisempi ja tarkempi tietoisuus systeemin tilasta, on systeemin liittyvien toiminnallisuuksien säätäminen huomattavasti tarkempaa ja oikeamman suuntaista.

[Econocap esimerkki.](#)

[DNA / Enermix esimerkki.](#)

Kun toiminnot tehostuvat, on kustannussäästöjen lisäksi selkeitä suoria hyötyjä myös parempi **ekotehokkuus**, kun resursseja käytetään tehokkaammin ja luonnonvaroja käytetään vähemmän. IoT-teknologiat lisäävät ekotehokkuutta myös mahdollistamalla täysin uusia liiketoimintamalleja, jotka toteuttavat tehokkaampaa resurssien käyttöä (esim. AirBnB, MaaS jne.).

[Kyyti esimerkki.](#)

[MaaS Global esimerkki.](#)[Enevo esimerkki.](#)

Myös asukkaisiin ja omaisuuteen kohdistuva ilkivalta ja muu rikollinen toiminta vähenee, kun IoT-järjestelmillä voidaan tehokkaammin ja halvemmalla valvoa omaisuutta. Parantuneen fyysisen **henkilöturvallisuuden** kääntöpuolena, voi toisaalta olla mahdollisesti huonontunut yksityisyydensuoja virtuaalisesti, kun paljon IoT-dataa liikkuu verkoissa.

[Yepzon esimerkki.](#)

Yksi hienoimpia IoT-aikakauden vahvuuksia on tehostunut **innovaatiotoiminta**. Kaikki data voidaan niin halutessa jakaa avoimena datana kaikkien hyödyntäjien käyttöön. Avoin data yhdistettynä avoiimiin rajapintoihin, alustoihin ja muihin helposti käyttöön otettaviin yhteiskäyttöresursseihin mahdollistaa aiempaan verrattuna aivan ylivoimaiset innovaatioalustat. Mahdollisuudet ja innovaatiot tulevat tehokkaasti löydettyä, kun päästään suoraan kiinni ”todelliseen” dataan ja työstämään niitä yhdessä usean toimijan voimin.

[Koklaamo esimerkki.](#)

IoT terminä ja teknologisesti löi läpi 2010-luvun parin ensimmäisen vuoden aikana eikä **hype** ole vielä kukaan laantunut. Vaikka teollisen internetin hype-sanastossa on data-analytiikka ja koneoppiminen menneet hieman jo IoT:n ohi, on se edelleen erittäin ajankohtainen ja paljon mediassa pyörivä termi, joka kertoo osaltaan sen ympärillä pyörivän kuhinan, kehityksen ja potentiaalisen liiketoiminnan laajuudesta. Sitä paitsi, mainitut dataan liittyvät termit tarvitsevat IoT-antureita ja alustoja datasyötteidensä tueksi välttämättä.

[Gartner esimerkki.](#)

IoT mahdollistaa huomattavia liiketoiminnallisia hyötyjä ja uusia mahdollisuuksia. Älykaupunkiympäristössä kuluttajan ostopäätökset vaikuttavat kuitenkin huomattavassa määrin liiketoimintamallien toimivuuteen. IoT-teknikoilla voidaan tuntuvasti helpottaa normaalin asukkaan ja kuluttajan arkea mahdollistamalla esimerkiksi parempaa sisäilmaa, sopivampaa lämpötilaa, helpompaa teknologian käyttöä, automaattisia toimintoja sekä muita helpotuksia arkeen, toisin sanoen **mukavuutta elämään**. Nämä kaikki ovat esimerkkejä niistä konkreettisista toiminnallisuuksista, jotka saattavat edesauttaa kuluttajan ostopäätöksiä, jopa kustannussäästöjä tehokkaammin.

[Affecto esimerkki.](#)

3.2.2 Heikkoudet

IoT-teknikoiden käyttöönotto tuo luonnollisesti mukanaan myös riskejä ja haasteita, joista täytyy olla tietoinen ja joihin täytyy varautua jo IoT-kokonaisuuden suunnitteluvaiheesta alkaen.

Puhutuin IoT:n käyttöönottoa hidastava asia on **tietoturva**. IoT:n vahvuus ja samalla heikkous on siinä toteutettava virtuaalisen ja fyysisen maailman yhdistäminen tuomalla anturit ja toimilaitteet osaksi internetiin kytkettyä verkkoa ja näin kasvattamalla potentiaalisen vahingon laatua ja skaalaa huomattavasti. Maailmalla on jo kymmeniä, jos ei satoja esimerkkejä tietoturvamurroista, joissa laitteisiin on, vaihtelevan kriittisissä prosesseissa, päästy julkisesta verkosta käsin. Tietoturva onkin elintärkeä osa toimivan järjestelmän suunnittelua menetelmineen, pääsynhallintoineen, salasanakäytäntöineen ja päivityksineen. Tämän kohdan merkitystä ei voi liioitella. (Ahonen, 2016)

[IoT Evolution esimerkki.](#)

Huomioita

Tietoturva on kokonaisuutena otettava huomioon koko elinkaaren ajalla IoT-teknologioiden käytön aloituksesta lähtien ja se on asia, joka voi viivästyttää tai täysin lopettaa hyvin käyntiin lähteneen kehityspolun. Onneksi tietoturvaan liittyvät ohjeet ja direktiivit pakottavat kaikki toimijat pikkuhiljaa hoitamaan oman osuutensa yhä paremmin ja paremmin. Järjestelmä on käytännössä niin heikko kuin sen heikoin lenkki on. Hyviä tietoturvakäytäntöjä voidaan hoitaa käytännössä ottamalla huomioon seuraavat yleisohjeet:

- Uhkien tunnistaminen
- Tietoturvavastuiden ja -roolien jako ja selkeytys
- Yrityksen ja toimijoiden tietoisuuden parantaminen ja ylläpitäminen erilaisin tiedotuksen keinoin
- Jatkuva testaus, päivittäminen ja osaamisen ylläpito

Maailmalla on tällä hetkellä jo matkapuhelinten lisäksi miljardeja verkkoon kytkeytyneitä laitteita, jotka tuottavat dataa käsittämättömällä laajuudella. Tämän datan tuottaminen, käsittely ja varastointi tuottavat kustannuksia, jotka on katettava oheisella liiketoiminnalla. **Valtava datamäärä** vaatii hyvän ja selkeän strategian datan käytölle. Seuraaviin kysymyksiin täytyy voida vastata fiksusti, kun mietitään oikeaa datastrategiaa. Lisäksi **datan laadulle** ei monestikaan ole mitään takeita, eikä esimerkiksi sen semantiikkaa tunneta. (Antikainen, 2016) Päätettäviä asioita ovat esimerkiksi:

- Käsitelläänkö dataa jo paikallisesti lähellä sen lähdettä ja vähennetään näin tallennus- ja tiedonsiirtokapasiteetin tarvetta?
- Tallennetaanko dataa tulevaisuuden tarpeita ja algoritmeja varten vai ei?
- Onko datan käsittelyyn tarvittavia työkaluja ja osaamista?

[Forbes esimerkki.](#)

Huomioita

Datan määrän hallintaan ja laadun parantamiseen on olemassa muutamia käytänteitä sekä nousevia teknologioita:

- Informaatiojärjestelmät tulee kehittää sellaisiksi, ettei tiedoista tarvitse tuottaa, eikä säilyttää duplikatteja. Tällaiset hajautetut järjestelmät, joissa oikeat tiedot poimitaan integroivalla sovelluksella tarvittavista paikoista, varmistavat myös datan tuoreuden ja parantavat mahdollisuuksia sen oikeellisuudesta.
- Reunalaskentamenetelmät pienentävät pilviympäristöihin työnnettävän datan määrää, koska ko. menetelmiä käyttävät alijärjestelmät analysoivat itse jo mittaamansa datan ja lähettävät eteenpäin datamäärältään pienempiä, mutta informaatioarvoltaan suurempia datajoukkoja. Reunalaskenta pienentää myös tarvittavan tietoliikennekaistan kokoa, sekä sähkönkulutusta.
- Yleisesti ottaen datan laatua kuvaavat sen täsmällisyys, johdonmukaisuus, täydellisyys, oikea-aikaisuus ja -muotoisuus, oleellisuus, ymmärrettävyys sekä saatavuus. Datat laatu huonontavat usein kokonaisjärjestelmäsuunnittelussa tehdyt virheet, jotka pitäisi saada kuriin suunnittelemalla järjestelmät kokonaisuuksina, eikä liian pieninä palasina.

- Datan oikeellisuuteen ja muuttumattomuuteen liittyen ovat lohkoketjutekniikat tuomassa mielenkiintoisia mahdollisuuksia uusien liiketoimintamallien suhteen. Lohkoketjut toisaalta varmistavat vain sen, että tietoa ei ole muutettu sen järjestelmään laittamisen jälkeen, joka ei huomioi tilanteita, mitä tiedolle tapahtui ennen lohkon sijoittamista.

Kun yritys tai yhteisö, pohtii IoT:n mahdollisuuksia, tulee yleensä eteen päätösten teko **investointeihin** liittyen. IoT:n laaja käyttöönotto ei ole ilmaista varsinkaan ns. ”edelläkävijöille”. IoT vaatii laitteistoa, ohjelmistoa, osaavaa henkilökuntaa sekä vielä näihin sopivan liiketoimintasuunnitelman. Investointien laajuuden lisäksi haasteena voi olla se, että investointien takaisinmaksuaikaa ei voida laskea kovin tarkasti, koska liiketoimintamallit voivat olla täysin uusia tai ne ovat vielä epäselviä. Yleensä houkuttelevaa voikin olla lähteä liikkeelle pienillä askelilla, jotka pienentävät riskiä, mutta toisaalta tekevät kokonaisuuden suunnittelusta usein tehottomampaa.

[Microsoft esimerkki.](#)

[Industryweek esimerkki.](#)

Huomioita

Älykaupunkien tapauksessa, kaupungit itse voivat tehostaa investointien mielekkyyttä ainakin muutamalla erilaisella keinolla:

- Olemalla vahvasti mukana kehittämässä vireää ekosysteemiä, joista mahdolliset loppukäyttäjät löytävät kaikki tarvittavat teknologia- ja osaamistoimittajat.
- Sitoutumalla pitkäjänteiseen kehittämiseen ja investoimalla itsekin esimerkiksi toimimalla aktiivisena integraattorina ja kehittämällä omia tietojärjestelmiään siten, että ne mahdollistavat (paikallisten) yritysten teknologiakokeilut sekä -kehittämisen.
- Avaamalla kaikki mahdolliset datat innovaatiotoiminnan yhdeksi moottoriksi käyttäen standardeja ja paljon käytettyjä rajapintoja ja muita teknologioita, sekä takaamalla tarpeeksi pitkäjänteisen ja uskottavan tuen näihin rajapintoihin.
- Etsimällä yhteisiä nimittäjiä ja käytäntöjä laajasti myös muista kaupungeista sekä koti- että ulkomailta suurentaen näin suoraan markkinoita teknologioille, joita kaupungin ekosysteemiin liittyen kehitetään.
- Kilpailuttamalla omat hankintansa aina painottaen moderneja menetelmiä eikä pelkää hintaa.
- Mainostaa tehokkaasti positiivisia käyttökokemuksia sekä uusia avauksia.

IoT on teknologiamielessä vielä vakiintumatonta, eikä selkeitä näkemyksiä ole siitä, **mitkä teknologiat ja käytännöt lopulta vakiinnuttavat asemansa**. Esimerkiksi laajassa käytössä olevia IoT-alustoja on kymmeniä, langattomia kommunikaatioteknologioita reilusti ja samaan mitaustarpeeseen saattaa olla tarjontaa kymmeneltä tai useammaltakin anturivalmistajalta. Lisäksi esimerkiksi kiinteistöpuolella on taloautomaatioon liittyen useita käytössä olevia väyläratkaisuja ja säätöjärjestelmät itsessään ovat usein suljettuja. Loppukäyttäjät ja hyödyntäjät, jotka haluavat mahdollisimman laajat mahdollisuudet myös tulevaisuuteen kehittää valitsemiin teknologioita, saattavat hyvin helposti lykätä investointipäätöksiään kentän sekavan tilanteen takia välttääkseen toimittajalukkoja ja panostuksia väärin hevosiin. Tämäkin puoli selkenee pikkuhiljaa esimerkiksi referenssiarkkitehtuurikuvausten ja hitaasti suppenevan kommunikaatiokentän myötä.

[IIRA esimerkki.](#)

[Langattomat teknologiat esimerkki.](#)**Huomioita**

Teknologioihin liittyen tulee itse määritellä tarpeet, jotta tiedetään mihin teknologioihin panostaa. IoT-markkinoilla ei aina ole standardoituja teknologioita tiettyyn tarpeeseen liittyen, eivätkä standarditkaan takaa, että jokin teknologia ja sen käyttö ovat tulevaisuudessa oikea vaihtoehto. Yleisesti ottaen, jos standardia ei ole, kannattaa analysoida teknologian sen hetkiset käyttäjät, niihin liittyvät konsortiot ja allianssit, niiden uskottavuus liiketoimintamielessä ja käytön laajuudessa.

Vaikka IoT-teknologiat ja -alustat ovat pääsääntöisesti yleiskäyttöisiä, on esimerkiksi älykaupunkeihin liittyvät liiketoiminta-alueet osin **siiloutuneita**. Yksi toimittaja tuo markkinoille IoT-ratkaisuja kiinteistöautomaatioon liittyen, kun taas toinen käyttää samoja teknologioita vanhus-ten kotipalvelujen tehostamiseen ja kolmas tuo IoT-ratkaisuja käyttöön rakennuspuolelle. Näitä kaikkia toimialoja yhdistelemällä on vielä huomattava IoT-teknologian avulla saatava lisäpotentiaali lunastamatta. Nämä siilot tuovat vielä selkeitä esteitä tehokkaaseen datan hyötykäyttöön.

[Lähitapiola esimerkki.](#)[Suvanto Care esimerkki.](#)[IoLiving esimerkki.](#)**Huomioita**

- Kaupunkien tulee vaalia siiloutumista ehkäiseviä toimintatapoja ja vaadittava omilta järjestelmätoimittajiltaan avoimia rajapintoja sekä muita yleisiä integraatiota helpottavia tapoja.
- On pysyttävä erossa toimittajalukituksista.
- Kannattaa innovoida yhdessä yritysten kanssa ja luoda mahdollisuuksia monen tarjoajan yhteistoteutuksille sekä ekosysteempipohjaisille aktiviteeteille.

3.2.3 Mahdollisuudet

IoT-teknologiat eivät pelkästään tehosta prosesseja vaan avaavat runsaasti täysin uusia liiketoimintamalleja ja -mahdollisuuksia. Seuraavassa on lueteltu muutamia mahdollistavia tekijöitä näihin liittyen.

Vaikka kaupungit ja kunnat tällä hetkellä avaavatkin jo kohtalaisen hyvin omia tietolähteitään yleiseen käyttöön, on **avoimeen dataan** liittyvä potentiaali vielä lähes täysin hyödyntämättä. Vanhoista tietojärjestelmistä ja niiden rajoituksista johtuen, ei julkisen sektorin tuottamaan ja hallinnoimaan dataan ole vielä datan kokoon nähden juurikaan pääsyä.

[Oulu Avoin data esimerkki.](#)[Helsinki Avoin data esimerkki.](#)**Huomiota**

Kaupungit tuottavat ja hallinnoivat huikeaa määrää dataa, joka tulisi avata laajamittaisesti uusien sovellusten ja liiketoimintojen käyttöön. Kaupunkien tulee edistää avoimen datan käyttöä ainakin seuraavin toimenpitein:

- Avataan mahdollisuuksien mukaan olemassa olevat tietoratkaisut avoimiksi.
- Määritetään avoin data kaikkiin rakennettaviin ja kilpailutettaviin järjestelmiin yhdeksi tärkeäksi tekijäksi muiden olennaisten tekijöiden kuten avoimien rajapintojen ohella.
- Pysytään mukana lainsäädännön kehittämisessä esimerkiksi henkilötietolakeihin liittyen, jolloin osataan rakentaa järjestelmät säädösten mukaisiksi, esim. [GDPR](#).
- Käytetään kaupunkina myös itse avoimia datalähteitä hyväksi.

Tällä hetkellä tyypillinen tiedontuottaja IoT-järjestelmässä on erityinen anturiratkaisu. Tulevaisuudessa kuitenkin ihmisten mukana kuljettamien laitteiden kuten älykellojen ja kännyköiden automaattisesti tuottaman datan merkitys tulee melko varmasti kasvamaan, kunhan näiden **henkilökohtaisten älylaitteiden** anturivalikoima ja niistä saatava henkilökohtainen hyöty kasvavat kehittyvien liiketoimintamallien myötä. Ihmisten mukana kuljettamien laitteiden rooli tulee kasvamaan, kun henkilökohtaiset **lisätyn ja virtuaalisen todellisuuden** käyttöliittymälaitteet kehittyvät ja vievät kosketusnäyttöjen paikan ihmisten ensisijaisena käyttöliittymänä tietovirtaan ja sovelluksiin. Käyttöliittymälaitteet ja tietokoneet ovat tulevaisuudessa huomaamaton osa ihmisten jokapäiväistä elämää. Lisäksi kamera-avusteiset puettavat laitteet keräävät ympäristöstään koko ajan visuaalista tietoa lisättynä aika-, paikka- ja suuntaleimoilla muiden tietojen ohessa mahdollistaen huikkeen liikkuvan ja joka paikkaan menevän datankeruuverkoston.

[Softability esimerkki.](#)

[MoveSole esimerkki.](#)

Huomiota:

Kaupungit voivat edistää puettavien laitteiden käyttämistä yleisiin tarpeisiin tukemalla sitä koskevaa pilotointia oman henkilöstönsä keskuudessa sekä tukemalla sellaisten järjestelmien kehitystä, joissa laitteiden keräämään tietoon päästään kiinni halutulla tasolla ja laajuudella siten, ettei väärään tietoon pääsy ole mahdollista.

IoT ja sen soveltaminen ovat tulevaisuudessa yhä enemmän yhdistettävissä **kaupunkien kehittyneisyyteen, prosessien tehokkuuteen**, mutta ennen kaikkea sen **vetovoimaan** liittyen. Vetovoima, maine ja ihmisten mielikuvat vaikuttavat siihen, miten yritykset ja yksityiset ihmiset haluavat tulla ja asettua kaupunkiin. Innovaatioiden kehitys tulisikin olla osallistavaa ja ottaa mukaan kaikki yhteiskunnan kerrokset.

[Oulun Metsokankaan esimerkki](#)

Huomiot

- Kaupungin tulee mainostaa yhdessä yritysten kanssa tehokkaasti hyviä ja menestyssekkäitä pilotteja ja kokemuksia.
- Kaupungin tulee järjestelmällisesti rakentaa yrityksille hyvät mahdollisuudet kehittää yhdessä ja ekosysteemeinä IoT-ratkaisuja, jotka helpottavat asukkaiden elämää ja joiden tulosten vaikuttavuus on selvästi nähtävissä.
- Kaupunkien tulee osallistaa myös kansalaiset mukaan kehitykseen, jolloin hyvien kokemusten myötä saadaan positiivinen lumipallo pyörimään ja jolloin pienet vastoin käymisetkään eivät vaikuta työhön pitkässä juoksussa niin paljon, kun yleinen mielipide on kehityshankkeiden takana.

3.2.4 Uhat

IoT:n hyödyntäminen tulee varmasti kasvamaan lähitulevaisuudessa, mutta täysimittaista käyttöönottoa voi vielä hidastaa useampikin asia. Eräs selkeä uhka ovat huonot käyttökokeemukset IoT-järjestelmiin liittyen. Jos ensimmäiset kokemukset IoT-järjestelmään liittyen ovat, että sen käyttöönotto on hankalaa ja se on pitkällä aikavälillä vaivalloisempaa, eivät lisäinvestoinnit IoT-järjestelmään juurikaan houkuttele.

[Machinedesign esimerkki.](#)

Huomiota

Kaupunkien tulisi omissa piloteissaan ja kehityshankkeissaan panostaa siihen, että yksittäisen hyötyjän, esimerkiksi senioritalon asukkaan tai kirjaston asiakkaan, tulisi nähdä konkreettinen hyöty uudesta innovaatiosta saman tien, jolloin vau-efektin myötä myönteisyys kaikelle vastaavalle tulevaisuuden kehitykselle veroeurojen käytön muodossa vain nousee. Loppukäyttäjät on otettava keskiöön kehittävien insinöörien sijasta. Hyvä käytettävyys on ennen kaikkea näkymättömyyttä, vaivattomuutta ja helpoutta sekä eri osasten saumatonta yhteensopivuutta, jonka tulee näkyä tuloksissa.

Myös **arvonlisäys** on monesti ongelmallista liittyen IoT-järjestelmiin ja niiden kehitykseen. Jos uusi palvelu tai ratkaisu on toiminnallisuudeltaan sellainen, että hyötyero älyjärjestelmän ja ”tyhmän” järjestelmän välillä on liian suuri, jää kokemus helposti vaisuksi. Päälle liimattu hieno käyttöliittymä ei pelasta tilannetta, jos palvelu ei nopeuta, helpota tai tee turvallisemmaksi jotakin toimintoa. Monesti uusien ”hypetekniikoiden” ympärillä tehdään vauhtisokeudessa liian paljon ns. ”nice-to-have” asioita, joilla ei oikeasti ole mitään merkitystä käytännössä.

[Telia esimerkki.](#)

Huomiota

Arvioidessaan uusia ratkaisuja, tulee kaupunkien arvioida ja vaatia ratkaisutoimittajia näyttämään selkeästi se hyöty, mitä uusi ratkaisu tuottaa. Lisäksi uusien hankintojen tai suunnitelmien mukana täytyy määritellä selkeästi vaatimukset uudelle teknologialle ja ratkaisuille.

Taulukko 3. IoT-tekniikoiden yleinen SWOT analyysi

	Vahvuudet / Mahdollisuudet	Heikkoudet / Uhat
Sisäinen	Arjen mukavuus Hype Innovaatiotoiminta Eko- ja kustannustehokkuus Turvallisuus	Tietoturva Datan määrä Investointien hankaluus Sekava teknologiakenttä
Ulkoinen	Sijoituskohde Siiloutuminen Henkilökohtaiset laitteet Avoin data	Hinnoittelu Käyttökokemus Tietoturva

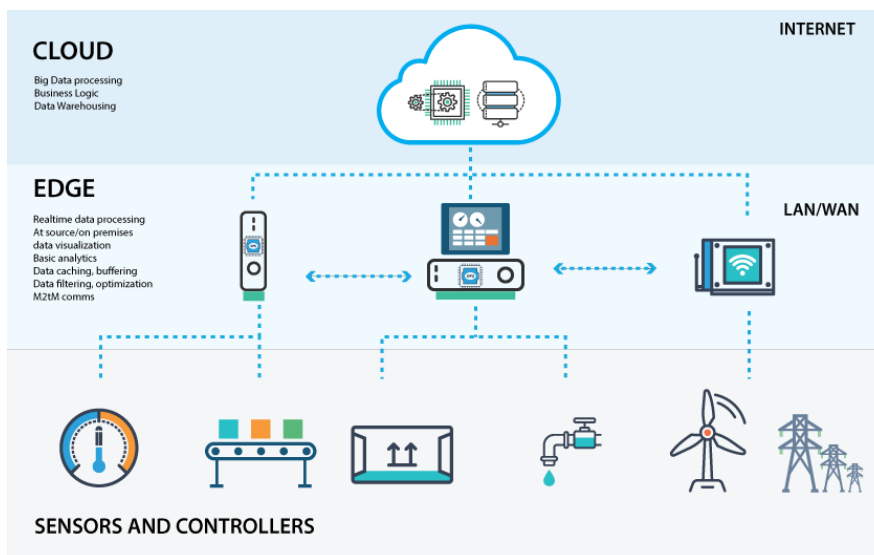
3.3 Selvitys lähianalytiikan ja Fog computing –ratkaisujen roolista ja tarpeellisuudesta mitatun tiedon käsittelyssä ja toimintojen ohjauksessa

Tässä kappaleessa on esitetty lyhyt kuvaus lähianalytiikan ja Fog computing -menetelmien potentiaalista, vahvuuksista ja heikkouksista sekä sovellettavuudesta nykytilanteessa.

3.3.1 Fog-, Edge- vs Cloud-laskenta

Vuonna 2019 IoT-ratkaisujen tuottama datamäärä ylittää 500 zettatavua (1 zettatavu on noin 1 miljardia teratavua) ja verkkoon kytkeytyviä laitteita Cison ennusteen mukaan ennustetaan olevan vuonna 2020 yli 50 miljardia kappaletta (Shi et al., 2016). Osassa laitteita ja sovelluksia kriittistä on yksityisyyden suojaaminen, osassa nopea vasteaika ja osa laitteista tuottaa hyvin lyhyessä ajassa suuria datamassoja, jotka kuormittavat tietoverkkoja ja datavarastoja. Esimerkiksi tulevaisuuden autonominen auto tuottaa sisäisesti joka sekunti noin yhden gigatavun ver-
ran dataa, joka täytyy prosessoida ja analysoida informaatioksi ohjauksen päätöksenteon tu-
eksi.

Edellä mainituista syistä nykyiset pilvilaskentaan pohjautuvat palvelut, kuten IaaS, PaaS, SaaS, eivät enää kykene palvelemaan riittävän laadukkaasti tietyillä sovellusalueilla. Näin ol-
len uudentyyppisiä hajautettuja laskentakonsepteja kuten lähianalytiikka- (ns. Edge compu-
ting) ja reunalaskentamenetelmiä (Fog computing) kehitetään ja tullaan tarvitsemaan IoT-so-
velluksissa (Mahmud et al., 2018). Näissä menetelmissä datalaskenta ja datan muokkaaminen
informaatioksi tapahtuu lähempänä datalähdettä. Alla olevassa kuvassa on esitetty pilvilas-
kennan ja reunalaskennan arkkitehtuurikuvaus.



Kuva 4. Pilvi- ja reunalaskennan arkkitehtuurikuvaus (lähde: <https://www.openautomation-software.com>)

Edge-, Fog- ja Cloud-arkkitehtuurien selkeimpänä erona on se missä datan käsittely, lasken-
takapasiteetti ja tekoäly fyysisesti sijaitsevat. Erään määritelmän mukaan Fog-laskennassa
datan esikäsittely ja laskenta viedään paikallisverkon (LAN) "IoT gateway" -tasolle ja Edge-
laskennassa taas dataa käsitellään ja informaatiota tuotetaan jo toimilaite ja sensoritasolla lä-
hellä itse mitattavaa tai ohjattavaa kohdetta (Mahmud et al., 2018). Edge-laskennan sovellus-
kohteita voivat olla esimerkiksi pumpput, moottorin ohjaukset ja erilaiset kodin toimilaitteet ja
koneet, niistä mitattava tieto ja niiden ohjaaminen.

3.3.2 Sovellusalueita ja esimerkkejä älykaupunkikontekstissa

Sellaisissa kohteissa, joissa mitattua dataa käytetään saman kohteen ohjaamiseen, kannattaa analysointi ja ohjaustiedon tuottaminen tehdä paikallisesti lähellä toimilaitetta. Sen lisäksi että näin saavutetaan luotettava ohjaus sekä nopea vasteaika mittauksesta ohjaamiseen, voidaan datan käsittely tehdä paikallisesti ja tieturvallisesti eikä kriittistä dataa tarvitse lähettää tietoverkkojen ylitse pilvilaskenta-alustoille. Tietoturvan ja reaktiivisuuden lisäksi tällä säästetään huomattavasti tietoliikenteestä aiheutuvia kustannuksia ja energiaa.

Lähianalytiikkamenetelmillä voidaan esimerkiksi tunnistaa paikallisesti kamerajärjestelmällä ja konenäkösovellutuksella ihmisiä ja koostaa näistä tilastoja säilyttäen ihmisten anonymiteetti. Näin sensitiivistä ja tietointensiivistä kuvadataa ei tarvitse lähettää pilvilaskenta-alustoille analysoitavaksi vaan vain tilastot ihmisten lukumäärästä tarvitsee lähettää etäpalvelimille. Lisäksi tietoturva mielessä haavoittuvia solmupisteitä (tukiasemat, gatewayt, serverit, pilvialustat) on huomattavasti vähemmän ja tietoturva on helpompaa toteuttaa paikallisverkkoratkaisuihin.

Paikallislaskennasta on myös hyötyä turvallisuussovellutuksissa, joissa luotettavuus ja reaktiivisuus ovat ensisijaisen tärkeitä ominaisuuksia. Esimerkkinä video- ja äänianturointiin perustuva turvallisuusratkaisu, jossa uhkatilanteen syntyessä voidaan paikallisesti ohjata esimerkiksi hälytysjärjestelmää ja katuvalaistusta. Näin toimien paikallisiin anturitietoihin pohjautuva hälytyksen aktivointi voidaan tehdä jo lähellä itse tapahtumaa, jolloin reaktiivisuus paranee huomattavasti verrattuna pilvipohjaiseen hälytysjärjestelmään. Vastaavia älykaupungin sovel-luskohteita on useita.

Toinen esimerkki lähianalytiikan soveltamisesta on ympäristön monitorointi. Ympäristöstä mitataan lämpötilan, kosteuden, ilmanpaineen lisäksi ilman laatua mittaavia parametreja kuten hiilidioksidi, hiilimonoksidi, hiukkaspitoisuus ja muita pienhiukkasia. Monimuotoisen kerättävän tiedon (sensoridata ja esim. valokuvat) datafuusio ja analysointi kannattaa tehdä lähellä mitauspistettä, jolloin itse lähetettävät datan määrä saadaan supistettua muutamaa bittiin. Ilmanlaatua indikoiva parametria voidaan näin kuvata esimerkiksi asteikolla *hyvä, melko hyvä, huono, erittäin huono* mikä on riittävä taso indikoimaan yleisesti ympäristöolosuhteita. Suurtaajuisesti tehtävät mittaukset ja datamassojen siirtely mittauspisteistä taustajärjestelmiin reaaliaikaisesti vaatii suurta tiedonsiirtokapasiteettia ja taustajärjestelmästä laskentakapasiteettia datan analysointia varten. Lähianalytiikan avulla säästetään tiedonsiirtokuluissa, voidaan yksinkertaistaa verkkoarkkitehtuuria ja kommunikointi voi tukeutua pienikapasiteettisiin edullisiin tietoliikenneverkkoihin (NB-IoT, LoRa, 2G).

Taloautomaatiojärjestelmissä paikallinen äly ja toimilaitteissa tai sähköpääkeskuksessa tapahtuva päättely on erityisen oleellista kriittisten ohjausten kannalta. Esimerkiksi patteritermostaattien, älyvalaistuksen tai ilmanvaihdon koneenohjauksen säätö täytyy tapahtua tietoturvallisesti, reaktiivisesti ja luotettavasti, vaikka internetyhteys olisikin poikki (Shi et al., 2016). Tulevaisuuden taloautomaatiojärjestelmät tukeutuvat monimuotoisen anturidatan, video- ja äänidatan lisäksi erilaisiin tekoälyratkaisuihin, joissa koneoppimisen avulla tuotetaan lisätietoa ohjaamiseen ja parannetaan sekä talon automaatiota, että käyttäjäkokemusta. Tulevaisuuden älytalo-konseptit ovat itseoppivia kokonaisuuksia, joissa ohjelmistot ja toiminnot mukautuvat käyttäjän käyttöprofiiliin ja kontekstin mukaisesti.

3.3.3 Reunalaskennan haasteita ja tulevaisuuden näkymiä

Pilvipohjaisiin laskenta- ja analyysityökaluihin pohjautuvissa IoT-järjestelmissä prosessointi tapahtuu alustalla, joka on läpinäkyvä ja yhdenmukainen sovelluskehittäjille. Sovelluskehitys tapahtuu tunnetussa ympäristössä ja sovellus käännetään tietylle alustalle sopivaksi ja ohjelmistoa ajetaan tavallisesti yhdessä paikassa (esim. Azure palvelinympäristö). Edge-laskentaan pohjautuvissa järjestelmissä ohjelmia ajetaan useissa eri ympäristöissä, laitteissa ja eri alustoilla. Tästä syystä ohjelmistokehitys Edge-alustoille on huomattavasti haastavampaa. Hete-

rogeenisten alustojen lisäksi tulee tuntee useita eri käännoötyökaluja ja ohjelmistokehitysympäristöjä, hallita hajautetun laskennan arkkitehtuurit ja ottaa huomioon alustojen erilaiset rajoitteet liittyen muun muassa prosessointitehoon, reaaliaikaisuusominaisuuksiin, energiankulutukseen, tiedonsiirtokapasiteettiin ja muistin määrään. (Shi et al., 2016; Mahmud et al., 2018)

IoT-laitteiden rajoittuneesta kyvykkyydestä johtuen Edge-analytiikassa täytyy ottaa huomioon erilaiset tietoturva-asiat, kommunikointiprotokollarajoitteet ja laitteiden nimeämiseen liittyvät rajoitteet. Esimerkiksi kodin lämpötilaa mittaavan langattoman IoT-lämpötila-anturin ei tarvitse olla IPv6-osoitteella varustettu, datan ei välttämättä tarvitse olla vahvasti salattua ja dataa ei tarvitse lähettää suurtaajuisesti. Järjestelmän suunnittelussa täytyy siis ottaa sovelluskohtaisesti huomioon eri tarpeet ja rajoitukset. Muun muassa datan abstraktiotason, mittaustaajuuden, tallennustilan tarpeen, tehonkulutuksen, laskentakapasiteetin tarpeen ja tietoturvan tason vaatimukset tulevat sovelluskohtaisesti määriteltäviksi (Shi et al. 2017).

IoT-laitteiden (anturit, toimilaitteet, gatewayt) kapasiteetti on huomattavan rajoittunutta verrattuna verkkopalvelimien tarjoamiin resursseihin (ARM M0 vs. moniydin CPU). Näin ollen Edge-laskennassa täytyy käyttää optimoituja yksinkertaisia kevyitä algoritmeja datan analysointiin ja hallintaan. Nykyisissä IoT-laitteissa voidaan suorittaa yksinkertaisia toimintoja, kuten datan suodattaminen, keskiarvoistaminen, rms-laskenta ja taajuustason analysointi. Kuitenkin pidemmälle viety tekoäly ja koneoppiminen vaativat enemmän kapasiteettia kuin mitä IoT-laitteissa on tarjolla (Varghese et al. 2016). ICT-teknologian kehityksen myötä IoT-laitteiden kapasiteetti tulee edelleen kasvamaan. Esimerkiksi nykyiset älypuhelimet ovat samalla tasolla kuin viisi vuotta vanha keskitehoinen kannettava tietokone. Kehitys tulee johtamaan siihen, että esimerkiksi IoT-antureissa muistimäärä, tiedonsiirtokaista, prosessointiteho ja energiatase tulevat olemaan Edge-laskennan vaatimalla tasolla ja IoT-laitteissa voidaan suorittaa kehittyneempiä AI-algoritmeja (Varghese et al. 2016).

4 Datan luokittelu -malli

4.1 Yleistä

Tiedon luokittelulla pyritään parantamaan tiedon hyödynnettävyyttä sekä ehkäisemään tiedon väärinkäytöksiä. Tietojen luokittelu on kokonaisuus, joka auttaa tunnistamaan organisaatiolle tärkeät tiedot sekä myös suojaamaan ne asianmukaisilla tavoilla eri käyttötilanteissa. Suojaimisen lisäksi luokittelulla pyritään mahdollistamaan tiedon vapaa, mutta turvallinen liikkuvuus. Eri käyttötarpeisiin räätälöidyt tiedon luokittelumekanismit mahdollistavat myös relevantit, nopeat ja eri käyttäjäryhmiä ja käyttötilanteita palvelevat haut tietomassoista.

Kaupunkiin liittyvä tieto on usein hyvin monimuotoista ja siihen liittyy erilaisia sidosryhmiä kuten tiedon tarjoajat ja omistajat. On tärkeää ottaa huomioon paitsi julkiset toimijat, myös yksityisen sektorin organisaatiot, joilla on usein omat intressinsä ja/tai kaupalliset motiivit liittyen tiedon jakamiseen ja hyödyntämiseen. Tärkeä tiedon käyttäjäryhmä on myös tavalliset kansalaiset. Tiedon jakamisessa täytyy huomioida myös tiedon käyttöön ja julkisuusasteeseen liittyvät rajoitteet.

Tiedon keräämisen ja sen luokittelun tavoitteena on antaa parempi käsitys esimerkiksi kaupungin tilasta eri näkökulmista tarkasteltuna. Tällaisia näkökulmia voivat esimerkiksi olla (PAS 2014):

- Operatiivinen näkökulma: Tarkastelee eri entiteettien ja asioiden kuten rakennusten, yhteisöjen ja organisaatioiden ominaisuuksia ja pyrkii kerätyn tiedon avulla lisäämään niiden tuomaa arvoa kaupungille
- Kriittinen näkökulma: Reaaliaikainen monitorointidata erilaisista tapahtumista tai onnettomuuksista sisältäen tapahtumiin liittyvät eri alojen toimijat ja niiden välinen yhteistyö.
- Analyttinen näkökulma: Datavarantojen tutkiminen säännönmukaisuuksien ja korrelaatioiden havaitsemisessa sekä ennustemallien muodostamisessa. Tukee esimerkiksi uusien palveluiden innovointia tai tehtyjen muutosten vaikutusten arviointia.
- Strateginen näkökulma: Yhdistävä näkymä, joka tarkastelee esimerkiksi strategiaan tavoitteisiin, päätöksiin ja suunnitelmiin liittyviä vaikutuksia ja niiden tuottamia tuloksia

Tässä kappaleessa kartoitetaan olemassa olevia datan luokittelumalleja ja tehdyn analyysin perusteella tehdään suositus siitä, mitä datan luokitteluja ja käyttäjäprofileja Savilahden ICT-alustassa tarvitaan ja mitä niiden rakentamisessa pitäisi huomioida. Mallin suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon sen myöhempi laajennettavuus.

4.2 Luokitteluakselit

Tiedon luokittelussa niin sanotut luokitteluakselit määrittävät ne tekijät, joiden mukaisesti tietoelementit halutaan kategorisoida. Toisin sanoen, kukin luokitteluakseli määrittää attribuutin, minkä suhteen samankaltaiset tietoaaineistot kootaan ryhmiin ja toisaalta erotellaan muista tietoaaineistoista. Usein tietoaaineistot luokitellaan samanaikaisesti usean eri akselin mukaisesti. Tämä antaa enemmän mahdollisuuksia myös tiedon hyödyntäjille löytää kulloiseenkin tarpeeseen vastaavaa tietoa. Tässä raportissa tärkeimmiksi luokitteluakseleiksi on tunnistettu tiedon avoimuus ja julkisuusaste, tiedon aihealueet, formaatti, lisenssi, kohderyhmä, aika, paikka, tiedon julkaisija sekä kieli. Tärkeimmät luokitteluakselit on kuvattu tarkemmin liitteessä 2. Liitteessä 2 on selitetty myös seuraavat tiedon luokitteluun olennaisesti liittyvät termit: manuaalinen ja automaattinen luokittelu, rakenteeton ja rakenteellinen data, sekä metatieto

4.3 Luokittelun toteutus

Perinteisesti tiedon jakaminen on vaatinut, että tietoa jakavat organisaatiot laativat tapauskohtaisia sopimuksia siitä, miten ja missä dataa jaetaan (Yang&Maxwell, 2011). Jos organisaatio on halunnut jakaa tietoa usean eri toimijan välillä, on se vaatinut usean eri sopimuksen, tietomäärän ja sanaston määrittelyä. Tieto ja sen eri osat on usein nimikoitu käyttämällä sille toimialalle ominaista kieltä ja termistöä, jonka kyseisen tiedon on kerännyt tai luonut. Esimerkkinä termistön eroavaisuuksista eri toimialoilla voidaan mainita käsite ”henkilö” (terveydenhoito → potilas, sosiaalipalvelut → asiakas, koulutus → oppilas, kuljetus → matkustaja jne.).

Eri sektoreilla käytetään alakohtaisia tietomalleja ja termistöjä, jotka edesauttavat tiedon löydettävyyttä ja ymmärrystä toimialan sisällä mutta toisaalta vaikeuttavat eri alojen välistä yhteisymmärrystä. Tiedon luokittelulla pyritään parantamaan ymmärrystä siitä, mitä tietoa on saatavilla, missä tieto sijaitsee, miten ja mistä sitä voidaan hakea, sekä miten sitä voidaan suojella väärinkäytösten ehkäisemiseksi. Lisäksi luokittelun avulla pyritään vähentämään edellä mainittujen toimialakohtaisten sanastojen ja termien aiheuttamia ymmärrettävyyssongelmia sekä lisäämään tietoaaineistojen hyödynnettävyyttä yli sektorirajojen.

Kirjallisuuslähteiden mukaan (Furness, 2005; Peltier&Tompkins, 2014; Smallwood, 2012) luokittelumallien tekemiseen kehitetyistä eri menetelmävaihtoehdoista on tunnistettavissa selkeästi kolme perusvaihetta. Vaiheet ovat 1. tietoaaineistojen tunnistaminen, 2. aineistojen tärkeyden arviointi sekä 3. aineistojen tärkeyteen perustuva luokittelukategorioiden rakentaminen. Lisäksi luokitteluohteistukset (Pincher, 2014) antavat seuraavia suosituksia luokittelumallille:

- Jokainen tietoaaineisto pitää pystyä luokittelemaan yhteen tai useampaan kategoriaan
- Luokittelumallin tulee olla joustava
- Aihealueen ja teeman mukainen luokitus on tärkeää
- Tiedon julkaisijoiden ja sen käyttäjien tunteminen on tärkeää
- Tiedon luokittelumallin täytyy olla horisontaalisesti riittävän leveä mutta vertikaalisesti suhteellisen matala
 - 6-12 päätason horisontaalista kategoriaa
 - Syvyys 2-3 tasoa
- Kannattaa hyödyntää olemassa olevia ratkaisumalleja

Kuten yllä olevassa listassa mainitaan, uuden luokittelumallin määrittelytyötä ei kannata aloittaa tutustumatta ensin olemassa oleviin ja toimiviksi todettuihin ratkaisuihin. Näitä ratkaisumalleja kannattaa mahdollisuuksien mukaan hyödyntää ja soveltaa uusien luokittelumallien suunnittelussa. Esimerkiksi useissa eri Euroopan maissa on tehty hankkeita ja aloitteita, joiden avulla pyritään keräämään ja hallitsemaan sekä julkisten tahojen että yksityisen sektorin jakamia tietojoukkoja yhteen paikkaan. Kerättyjen tietovarantojen avulla on rakennettu erilaisia palveluita eri organisaatioiden, yritysten ja yksityisten ihmisten hyödynnettäväksi. Sekä kerätyt tiedot että niiden avulla kehitetyt palvelut on usein koottu erilaisten nettiportaalien alle, jonka kautta niitä on mahdollista hyödyntää. Kyseisissä hankkeissa on ratkaistu myös monia tiedon luokitteluun liittyviä haasteita. Liitteessä 3 käydään läpi Isossa-Britanniassa, Saksassa, Suomessa, Itävallassa, Tanskassa, Ranskassa ja Hollannissa toteutettuja hankkeita. Valituissa ratkaisumalleissa on mukana erityyppisiä tiedon luokitteluratkaisuja kuten esimerkiksi London Datastore ja suomalainen MyData Nordic Model.

Tällä hetkellä rakennettavaan ICT-alustaan integroitavia tietoaaineistoja ei vielä ole tiedossa. Luokittelumallin laatimisessa hyödynnettiin sidosryhmien edustajien haastatteluita, joilla pyrittiin keräämään tietoa siitä, millaisia tietotarpeita alustan loppukäyttäjillä mahdollisesti on tai millaista tietoa he itse voisivat julkaista ja jakaa alustan kautta. Vastausten analyysin kautta tunnistettiin luokitteluakseleita sekä konkreettisia kategorioita, joita alustan tietosisällön luokittelussa tullaan tarvitsemaan. Luokittelusuositusten laadinnassa otettiin myös huomioon sen myöhempi laajennettavuus, koska saatavilla olevat haastatteluvastaukset eivät todennäköisesti kata kaikkia alustan tulevaisuudessa tarjoamia tietoaaineistoja.

Seuraavassa listassa on lueteltu tiedon luokittelun kannalta tärkeimmät haastatteluiden kysymysteemat. Varsinaisissa haastatteluissa kyseiset teemat on pilkottu tarkempiin kysymyksiin.

- Mitä dataa toimija toivoisi saavansa Savilahden ICT alustalta?
- Mihin tarkoitukseen toimija hyödyntäisi dataa
- Missä muodossa toimija toivoisi datan tulevan (esim. JSON, XML, Excel)
- Onko toimijalla jotain sellaista dataa, jota he voisivat jakaa Savilahden ICT alustalle?
- Onko jaettava data käyttöoikeuksiltaan suljettu, käyttö rajoitettua/julkinen vai avoin
- Sovelletaanko jaettavaan dataan jonkinlaista luokittelua ja jos, niin perustuuko se johonkin sanastoon tai taksonomiaan

Haastatteluvastauksista tunnistettiin eri tyyppisiä tietoja ja tietovarantoja, joita Savilahden ICT-alustaan liittyvät sidosryhmät voisivat mahdollisesti avata tai hyödyntää alustan kautta. Nämä haastatteluissa mainitut tietovarannot muodostavat siten myös perustan tietojen luokittelumallille, jota myöhemmin voidaan täydentää ja täsmentää, kun alustan kautta julkaistavista tiedoista on olemassa tarkempaa tietoa.

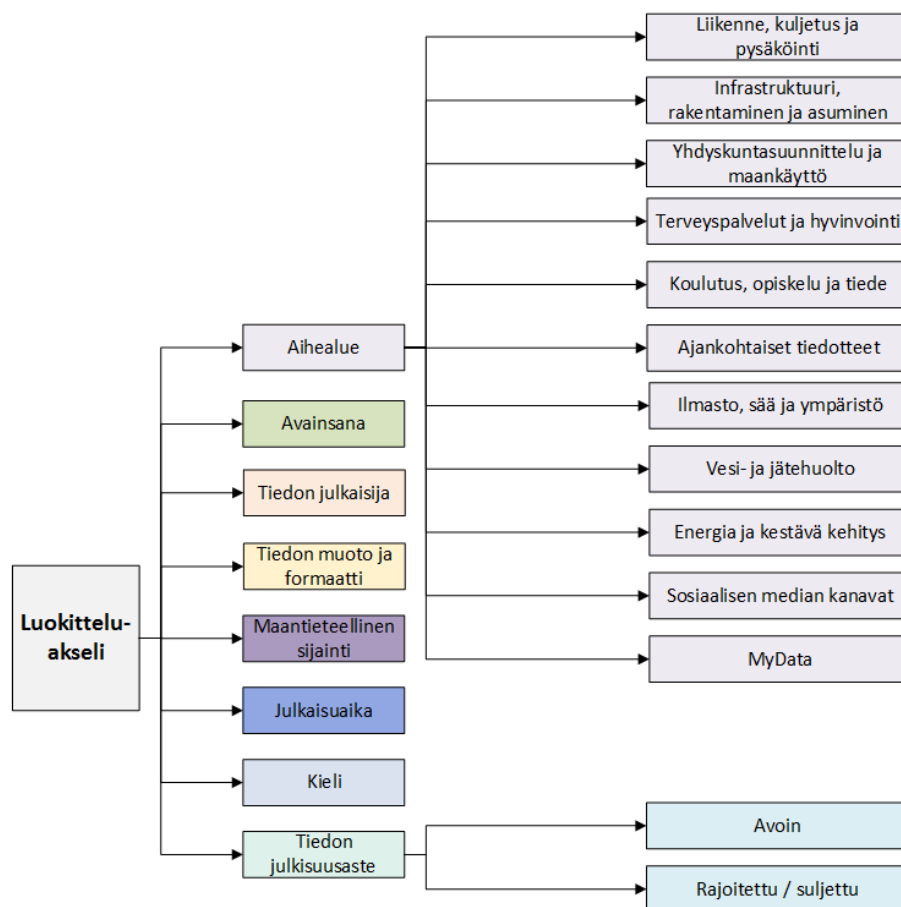
Yleisesti ottaen haastatellut henkilöt suhtautuivat tiedon jakamiseen ja/tai sen julkaisemiseen positiivisesti. Tosin kaikki vastaajat korostivat tietoturvaan ja tiedon julkistamiseen liittyvien haasteiden ja rajoitusten huomioon ottamisen merkitystä. Useissa vastauksissa mainittiin myös mahdollisuus julkaista tietoja tai tietojen osia tiedon anonymisoinnin jälkeen. Jotkin vastaajat tunnistivat myös käyttötarkoitukseen liittyviä rajoituksia. Tällainen oli esimerkiksi suositumus jakaa tietoa käytettäväksi ainoastaan tutkimuskäyttöön. Luokittelussa tiedon pääsyyn ja sen hyödyntämiseen liittyviä rajoitteita voidaan hallita paitsi käyttäjäryhmien, myös tietoon liitettävien lisenssien avulla. Käyttäjäryhmiin liittyvän käytön ja hyödyntämisen kontrollointi vaatii luonnollisesti käyttäjän identifiointia.

Haastatteluvastauksista voitiin tunnistaa myös useita aihealueita, joiden mukaisesti sidosryhmien mainitsemia tietovarantoja voidaan luokitella. Tällaisia teemoja ovat esimerkiksi koulutus ja opiskelu, tutkimus, tilojen hallinta, terveydenhuolto ja pelastustoiminta, rakentaminen ja asuminen, liikenne ja joukkoliikenne, pysäköinti, ilmasto ja sää, energiankulutus, vesi- ja jätehuolto, sosiaalinen media sekä ihmisten henkilökohtaiset tiedot (MyData).

On tärkeää huomioida, että vaikka kaikkia vastauksissa mainittuja tietovarantoja ei ole vielä tällä hetkellä mahdollista julkaista ja jakaa Savilahden ICT-alustan kautta, on ne silti hyvä ottaa huomioon tietojenluokittelun kokonaisratkaisua mietittäessä. Kehitys kohti avoimempaa tiedonhallintaa tulee todennäköisesti mahdollistamaan yhä uudentyyppisten tietovarantojen joko avoimen tai käyttöoikeuksiltaan rajoitetun julkaisemisen. Seuraavassa kappaleessa esitetään suositeltu tietojen luokittelumalli rakennettavalle ICT-alustalle sekä alustaan liittyvä käyttäjäryhmäluokittelu. Lisäksi kartoitetaan mallin toteuttamiseen soveltuvia kuvauskieliä, jotka mahdollistavat mallin myöhemmän laajentamisen.

4.4 Esitys tarvittavista älykaupungin käyttäjäprofiileista ja niihin liittyvä käyttöoikeusluokittelu

Kuva 5 Kuvassa 5 on esitetty kaaviokuva suositellusta luokittelumallista. Luokittelumalli on rakennettu analysoimalla sekä olemassa olevia, onnistuneita luokittelumalliesimerkkejä että sidosryhmien edustajien antamia haastatteluvastauksia. Luokittelumalliohjeistuksen mukaisesti mallissa aihealueen tai teeman mukainen kategorisointi on katsottu tärkeimmäksi luokitteluakseliksi. Lisäksi malli on pyritty tekemään horisontaalisesti riittävän leveäksi mutta vertikaalisesti suhteellisen matalaksi. Matala hierarkia helpottaa tiedon julkaisijan tai hyödyntäjän navigoimista mallissa ja lisää sen käytettävyyttä. Lisäksi luokittelumalli on pyritty rakentamaan joustavaksi, eli sen päivittäminen ja laajentaminen ovat helppoa.



Kuva 5. Suositeltu luokittelumalli

Seuraavassa osa ehdotettuun luokittelumalliin kuuluvista kategorioista on selitetty tarkemmin:

Tiedon aihealue - jakaa tietovarannot niiden temaattisen tietosisällön mukaisesti. Toisin sanoen kyseisen akselin mukainen luokittelu kertoo mihin aiheeseen, asiaan tai teemaan tieto liittyy. On hyvä muistaa, että yksittäinen tieto tai tietovaranto voi kuulua samanaikaisesti useampaan kuin yhteen kategoriaan. Seuraavassa listauksessa on lyhyesti kuvattu, mitä alakategorioita aihealueen luokitteluakselille on tunnistettu ja minkä tyyppisiä tietoja ne voisivat esimerkiksi sisältää:

- *Liikenne, kuljetus ja pysäköinti* - joukkoliikenteen aikataulu- tai hintatietoja, tietotyöinformaatiota, pysäköintialueiden täyttöasteita tai liukkaan kelin varoituksia

- *Infrastruktuuuri, rakentaminen ja asuminen* - rakennusten olosuhteisiin, rakennustyömaihin, rakennuslupiin tai vuokra-asuntoihin liittyvää tietoa.
- *Yhdyskuntasuunnittelu ja maankäyttö* - kaavoitukseen tai tonttien saatavuuteen liittyvää tietoa
- *Terveyspalvelut ja hyvinvointi* - terveydenhoitoon, sosiaalipalveluihin tai ihmisten hyvinvoinnin edistämiseen liittyvää tietoa
- *Koulutus, opiskelu ja tiede* - kurssien opiskelumateriaalia, luentoaikatauluja, avointa tutkimustietoa tai koulujen loma-aikoja
- *Ajankohtaiset tiedotteet* - yleistä ilmoitusluontoista tietoa, myös mahdollisesti poikkeustilanteet ja ihmisten ohjaus hätätilanteissa, erilaista katkostílanneetietoa
- *Ilmasto, sää ja ympäristö* - pienhiukkasmittaustietoa, sääennusteita, liukkaavaroituksia, ympäristön tilaa kuvaavaa tietoa
- *Vesi- ja jätehuolto* - tietoa vesi- tai jätehuollon katkoksista, tietoja alueiden jätemääristä ja niiden kehityksestä, jäteautojen reitti- ja aikataulutietoja
- *Energia ja kestävä kehitys* - energian kulutukseen ja tuottamiseen liittyvää tietoa, kierrätykseen ja ympäristövastuullisuuteen liittyvää tietoa
- *MyData* - yksittäiseen käyttäjään liittyvää henkilökohtaista tietoa. Vaatii vahvaa tunnistautumista ja mahdollisesti yhteistyötä esim. MyData Nordic Model -hankkeen kanssa, joka pyrkii ratkaisemaan henkilökohtaisen datan hallintaan liittyviä haasteita
- *Sosiaalisen median kanavat* - kaupungin Twitter, Facebook tai Instagram tileillä julkaistua tietoa koostetussa muodossa. Mahdollisesti myös yksityisten henkilöiden tai organisaatioiden julkaisemat sosiaalisen median viestit jossa aihetunnisteina esimerkiksi kaupunkiin tai kaupunginosaan liittyvää sanastoa

Edellä mainitun listan lisäksi analysoiduista esimerkkiluokittelumalleista löydettiin myös seuraavia aihealuekategorioita, jotka kuitenkin päätettiin jättää pois alustavasta luokittelumallista, sillä niihin liittyviä tietoja ei tullut esille haastatteluvastauksissa:

- Kulttuuri- ja vapaa-aika
- Sosiaalipalvelut
- Talous ja työ
- Matkailu
- Poliittikka ja vaalit
- Julkinen hallinto, budjetti ja veroasiat
- Lait ja oikeus
- Väestö

Avainsana - tiedon avainsanojen avulla tapahtuvaa luokittelua voidaan käyttää vahvistamaan aihealueperustaista luokittelua. Tiedon julkaisija voi määrittää tietoaineistolle sitä kuvaavia avainsanoja, joiden perusteella aineistoja voidaan myös hakea niiden hyödyntämisvaiheessa.

Kuten on todettu liitteessä 2, avainsanojen määrittämisessä voidaan käyttää tukena jotain olemassa olevaa standardisanastoa, joka toisaalta rajaa mahdollisten avainsanojen sana-avaaruutta ja toisaalta helpottaa tiedon etsimistä.

Tiedon muoto ja formaatti - luokittelee tietoaaineistoja sen mukaisesti, miten ne on tallennettu tai miten niitä voidaan hyödyntää. Tieto voi olla esimerkiksi staattisia dokumentteja tai dynaamista, jatkuvasti päivittyvää anturimittausdataa. Lisäksi tiedon tallennus- ja kuvausmuoto voi vaihdella pdf tai doc -tiedostoista esimerkiksi json tai xml -esitystapaan. Olemassa olevissa ratkaisuissa tiedon muodon ja formaatin luokittelukategorioina käytetään tyypillisesti tiedostomuotoa (esimerkiksi xlsx, html, csv, GeoJSON).

Tiedon julkisuusaste - määrittää oikeudet päästä tietoaaineistoihin käsiksi ja hyödyntää niitä. Pääluokittelumääreet tässä akselissa ovat avoin tieto ja suljettu/rajoitettu tieto. Avoimien tietoaaineistojen pääsyyn tai hyödyntämiseen ei liity minkäänlaisia rajoitteita: kuka tahansa on oikeutettu käyttämään tietoa haluamaansa tarkoitukseen. Suljetun tai rajoitetun tiedon pääsyä tai hyödyntämistä voidaan sen sijaan kontrolloida esimerkiksi lisensseillä ja/tai käyttäjäryhmiin tai käyttötarkoituksiin perustuvilla rajoituksilla. Seuraavassa kappaleessa mahdolliset alustavat käyttäjäryhmät on kuvattu tarkemmin.

4.4.1 Alustava käyttäjäryhmä kategorisointi

Käyttäjäryhmiin perustuvilla rajoituksilla data-aineistoille määritellään ne käyttäjäryhmät, jotka ovat oikeutettuja pääsemään käsiksi sekä mahdollisesti hyödyntämään kutakin tietoelementtiä. Käyttöoikeudet periytyvät jokaiselle yksittäiselle ryhmään kuuluvalla käyttäjällä. Tarkemmat käyttäjäryhmämäärittäykset luodaan tavallisesti yhteistyössä alustan eri sidosryhmien kanssa, kun tiedetään, millaista tietoa alustan kautta tullaan hallinnoimaan ja mihin tarkoitukseen sitä hyödynnetään.

Tarkempien käyttäjäryhmien määrittely on yleensä hyvä aloittaa ylätasoon sidosryhmä kategorioista, jotka on kuvattu tarkemmin liitteessä 2. Tarkemmalla tasolla Kuopion ICT-alustalle voidaan tunnistaa seuraavassa listassa kuvattuja oletuskäyttäjäryhmiä:

- **Administraattorit** - hallinnoivat alustan teknistä kokonaisuutta ja ovat oikeutettuja tekemään erilaisia teknisiä konfiguraatioita. Administraattorioikeudet voidaan antaa esimerkiksi ICT-alustan hallinnoijille sekä sen teknisille kehittäjille. Luokittelun kannalta administraattorien tärkeimmät tehtävät liittyvät käyttäjäryhmien hallintaan. Administraattoreilla on oikeus luoda käyttäjäryhmiä tai poistaa niitä, sekä liittää yksittäisiä käyttäjiä eri käyttäjäryhmiin.
- **Tiedon julkaisijat** - käsittää tahot ja toimijat jotka julkaisevat ja avaavat tietovarantojaan alustan kautta ja osallistuvat mahdollisesti myös alustan tekniseen kehitykseen antamalla palautetta kehittäjille, sekä testaavat ja validoivat alustaa. Tiedon julkaisijat voidaan edelleen jakaa alikäyttäjäryhmiin joita voivat olla esimerkiksi viranomaiset sekä muut kaupungin sisäiset laitokset ja virastot, yritykset, yliopistot (tutkijat, opiskelijat ja muu henkilökunta), teleoperaattorit sekä jossain tapauksissa myös yksityiset henkilöt. Tiedon julkaisijoilla on pääsy tietoaaineistojen julkaisuun liittyviin toiminnallisiin suuksiin ja he voivat määrittää millaiset käyttöoikeudet heidän julkaisemillaan tiedoilla on. Tiedon julkaisijat voivat siis määrittää mitä lisenssejä heidän tietoaaineistoilleen määritetään sekä mitkä käyttäjäryhmät ovat oikeutettuja pääsemään käsiksi ja/tai hyödyntämään heidän julkaisemia tietoaaineistoja.
- **Tiedon hyödyntäjät** - ryhmään kuuluvat toimijat ovat osittain samoja kuin kahden aiemman pääryhmän toimijat. Tiedon hyödyntäjät voidaan edelleen jakaa aliryhmiin, riippuen hyödyntämiseen liittyvistä tavoitteista. Esimerkiksi yrityksillä on usein kaupallisia intressejä liittyen eri tietolähteiden hyödyntämiseen, eli he luovat tietoaaineistojen

avulla uusia liiketoimintamalleja tai maksullisia palveluja kansalaisille. Toinen alikäyttäjryhmä voi olla digitaalisten palveluiden ja erilaisten sovellusten kehittäjät, jotka pyrkivät löytämään uusia ja innovatiivisia tapoja hyödyntää tietoaineistoja. Edelleen ryhmään "tutkijat" kuuluvat käyttäjät hyödyntävät tietolähteitä pääasiassa tutkimustarpeiksiin. Kaikki edellä mainitut aliryhmät mahdollisesti rikastavat tai integroivat alustan kautta tarjottavia tietoaineistoja. Tiedon hyödyntäjiin kuuluvat myös tavalliset kansalaiset, jotka hyödyntävät tietoja omiin henkilökohtaisiin tarpeisiinsa. Kansalaiset voidaan edelleen jakaa aliryhmiin sen mukaan, ovatko he kirjautuneet alustalle vai käyttävätkö he sitä anonymisti. Kirjautuneille käyttäjille voidaan antaa tunnistautumiseen perustuvia käyttöoikeuksia ja sen avulla alustan kautta voidaan tarvittaessa mahdollistaa MyData - tietoihin liittyvät toiminnallisuudet. Anonyymit käyttäjät voivat päästä katselemaan niitä tietoaineistoja, joihin pääsyyn ei ole määritetty erityisiä käyttäjäryhmiin perustuvia rajoituksia.

4.4.2 Luokittelumallin laajennettavuus

Luokittelumallin myöhempi laajennettavuus on yksi sen tärkeimmistä ominaisuuksista. ICT-alustojen kehitysvaiheessa ei usein ole tarkkaa tietoa siitä, millaisia tietoja ja tietovarantoja alustan kautta tullaan hallitsemaan. Tyypillisesti kokemukset luokittelumallin toimivuudesta tartentuvat vasta alustan käytön myötä. Siksi luokittelumalli tulee rakentaa sellaisia tekniikoita käyttäen, jotka mahdollistavat sen myöhemmän muokkaamisen ja laajentamisen. Lisäksi luokittelumallin on hyvä olla määritetty siten, ettei sen johonkin osaan tehtävä päivitys vaadi koko muun mallin uudelleen muokkaamista. Myöskään mallin kokoa ei saa etukäteen kiinnittää, vaan sen laajuutta on voitava vaihdella tarpeen mukaisesti.

Luokittelumallin määrittämiseen liittyy olennaisesti sen kuvaamiseen käytetty kieli. Laajennettavuuden lisäksi käytettävän formaatin tulee tukea mallin hierarkkisen rakenteen kuvaamista sekä koneiden että ihmisten ymmärrettävällä tavalla. Nykyään tietomallinnuksessa käytetään yleisesti ns. rakenteellisia, standardoituja kieliä, joiden avulla voidaan esittää pelkän tietosisällön lisäksi myös tietoon liittyviä merkityksiä. Näiden kielten avulla tietosisältöihin liittyvät rakenteet voidaan esittää yksinkertaisina ja erillisinä tekstitiedostoina, joita voidaan muokata puuttumatta itse tietosisältöön. Lisäksi kielet ovat alusta- tai teknologiariippumattomia, eli ne voidaan helposti siirtää järjestelmästä toiseen ja niitä voidaan lukea, visualisoida ja muokata eri työkaluilla.

Seuraavassa listassa käydään läpi kolme esimerkkiä rakenteellisten tietomallinnuksen kuvauskielistä, joiden avulla voidaan joustavasti ja tehokkaasti kuvata käsittehierarkioita mahdollistaen myös niiden myöhemmän muokkaamisen ja laajentamisen.

- XML (Extensible Markup Language) on määritelmän mukaisesti puumaiseen rakenteeseen perustuva merkkäuskieli, jota käytetään sekä formaattina tiedonvälitykseen järjestelmien välillä, että formaattina dokumenttien ja niiden rakenteen tallentamiseen. XML-kieli on siis rakenteellinen kuvauskieli, joka auttaa jäsentämään laajoja tietomasoja selkeämmin. XML - on sekä ohjelmointikieli- että alustariippumaton kuvauskieli, jonka käsittelyyn on tarjolla paljon erilaisia työkaluja.
- RDF (Resource Description Framework) on tietämyksen esittämiseen käytettävä tietomalli. RDF soveltuu erityisesti ontologioiden kuvaamiseen, jotka mahdollistavat aihealueisiin liittyvien käsitteiden ja niiden välisten erilaisten suhteiden formaalin kuvauksen. RDF perustuu XML-kieleen mutta ei pyri korvaamaan sitä vaan rakentaa sen päälle. RDF:n avulla pystytään ilmaisemaan tiedon merkitystä, tietopalasten välisiä suhteita sekä semantiikkaa rikkaammin kuin XML-kielellä. Lisäksi siihen voidaan helpommin linkittää muita olemassa olevia sanastoja ja ontologioita. RDF:n huonoina puolena on sen monimutkaisuus niin tiedonkäsittelyn kuin luettavuudenkin suhteen.

- JSON (JavaScript Object Notation) - on erityisesti tiedon vaihtoon kehitetty ohjelmointikieliriippumaton formaatti, jonka tietotekninen käsittely on hyvin kevyttä ja nopeaa eikä vaadi koneilta suuria suoritustehoja. JSON-kielen suosio on kasvanut viime vuosien aikana ja nykyään se on jo yksi eniten käytetyistä kielistä tiedonvaihdossa eri rajapintojen välillä. Käsittelyn keveyden lisäksi JSON-kielen etuja on sen helppo ihmisluettavuus. Tiedonvaihdon lisäksi JSON-kielen avulla voidaan kuvata myös yksinkertaisia tietorakenteita kuten hierarkioita.

5 Koonti haastattelujen tuloksista

Savilahdessa tulee sijaitsemaan kansallisessakin mittakaavassa merkittävä tieteen-, koulutuksen, asumisen ja työssäkäynnin keskittymä. 26 haastattelun kautta kerättiin 24 alueella toimivan tai alueeseen tulevaisuudessa mahdollisesti liittyvän toimijan edustajan ajatuksia tulevaisuuden tiedon hyödyntämisen mahdollisuuksista. Voidaan sanoa, että yhdenkään toimijan toiminta ei rajoitu ainoastaan Savilahteen, vaan organisaatiot toimivat osana kansallista tai kansainvälistä toimintaympäristöä.

Haastatteluiden runkona käytettiin keuhalla 2017 teetetyssä selvityksessä laadittua ICT-tekniikan ja toiminnan kerroksellisuutta kuvaavaa rakennetta (JPM CyberService Oy, 2017). Rakenteen avulla pyrittiin tunnistamaan eri toimijoita yhdistäviä tarpeita sekä kuvaamaan haastateltaville selvityksen taustalla olevaa ongelmakenttää.



Liitteessä 4 on esitetty haastatteluiden pohjalta tehty analyysi kerroksellisuuden tasojen kautta. Haastattelut keskittyivät enemmän yläkerrokseen, joita ovat 5 loppukäyttäjät, 4 tietoliikennettä tarvitsevat sovellukset taustajärjestelmineen sekä 3 tietoliikenneverkon asiakkaiden päätelaitteet, kuten IoT-anturit, puhelimet, tabletit, tietokoneet sekä muut kannettavat tai päälle puettavat laitteet. Teemoina esiin nousivat mm. liikkuminen ja pysäköinti, opastus, terveyden- ja sairaanhoidon prosessit, kiinteistöjen käyttöön ja ylläpitoon liittyvät asiat, oppiminen sekä varautuminen kriisitilanteisiin. Erilaisten sovellusten kehittäminen esimerkiksi liikkumisen tueksi koettiin tärkeänä mahdollisuutena, jota tiedonkeruu ja avoin pääsy tähän tietoon tukisivat. Uuden liiketoiminnan syntyminen edellyttää myös muita tukitoimia, joissa kaupungin rooli yhdessä oppilaitosten kanssa on merkittävä.

Tarpeiden hahmottaminen alemman tason kerrosten kohdalla edellyttää jo tietämystä erilaisista tietoliikennetarkaisuksista, jota kaikilla haastatelluilla ei luonnollisestikaan ollut. Näitä kerroksia ovat 2b tietoliikenneverkkoon liittyvät operaattoreiden ja palveluntarjoajien siirto- ja reitityslaitteet, palvelimet ja mobiiliverkkojen tukiasemat. Tasolla 2a tarkoitetaan taas sähkönsäätöä, joka on tietoliikenteen toimivuuden ehdoton edellytys. Taso 1 käsittää tietoliikenneverkon passiiviset rakenteet, kuten kaapelit ja antennit, sekä ilman, joka toimii väliaineena. Alin taso 0 käsittää tietoliikenneverkon tarvitsemat apurakenteet, kuten maanalaiset putket, mastot, laittilat jne. Langattomien verkkojen toimivuutta luotettavasti peräänkuulutettiin monessa haastattelussa. Tämänhetkisen tiedon mukaan kuituverkkojen asentamista ei voida välttää, koska samaan aikaan, kun teknologiat ovat kehittyneet, on myös tiedon määrä moninkertaistunut. Reaaliaikaisen tiedon siirtoon ilman viiveitä on vielä jonkin verran matkaa. Kuituverkkojen asentamisessa ja ylläpidossa kuin myös langattomien verkkojen toteuttamisessa voidaan yhteistyötä kehittää uudenslaisiin hallintamalleihin liittyen. Näitä tullaan käsittelemään enemmän erillisessä selvityksessä.

Erilaisia tarpeista lähteneitä yhden toimijan pääasiallisesti operoimia ICT-alustoja on jo olemassa Savilahden alueen toimijoilla. Tulevaisuudessa ei todennäköisesti olekaan yhden alustan mallia vaan ICT-alustoja on monia erilaisiin käyttötarkoituksiin liittyen. Näiden alustojen välillä voi myös olla yhteistoimintaa. Alustojen erillisuus toisaalta helpottaa tietoturva-asioiden käsittelyä, mutta myös edesauttaa kilpailua, kun yhden osan voi halutessaan korvata toisella.

Kuopion kaupunki nähtiin monessa haastattelussa tärkeänä yhteistyökumppanina. Kaupungin rooli oli jopa itsestäänselvyys. Kaupungin toivotaan olevan omalta osaltaan suunnannäyttäjää.

Monia toimintoja voitaisiin yhdistää kaupunginkin eri yksiköiden välillä yhteisen alustan avulla. Kaupungin omien työvälineiden avulla (kaavoitus, tontin luovutus, yleisten alueiden ja infran suunnittelu) toivotaan samanlaisen aktiivisen, Savilahden toimijat mukaan ottavan, kehityso-teen jatkumista. Eräs haastateltava sanoi, että on tärkeää päästä vaikuttamaan omaa organi-saatiota koskeviin asioihin.

6 Lähteet

- 3GPP Low Power Wide Area Technologies. (Oct 2017). Noudettu osoitteesta <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2016/10/3GPP-Low-Power-Wide-Area-Technologies-GSMA-White-Paper.pdf>
- 6Aika kaupungit. (Nov 2017). Noudettu osoitteesta <https://6aika.fi/>
- Agarwal, P. (Jul 2015). The IoT Portal. Noudettu osoitteesta <http://theiotportal.com/2015/07/01/swot-analysis-of-the-internet-of-things/>
- Ahonen, P. (2016). *Kyber-TEO hankkeen tuloksia*. Noudettu osoitteesta <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2017/T298.pdf>
- Antikainen. (2016). *Massadatasta liiketoimintaa ja tehokkaita julkisia palveluja*. Noudettu osoitteesta <http://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=10701>
- Brett Murphy et al. (Jun 2016). Applying the Industrial Internet Architecture to the Smart Grid Testbed. Noudettu osoitteesta Industrial Internet Consortium: <http://www.iiconsortium.org/pdf/Applying-IIIRA-to-Smart-Grid-Testbed-WP-PUB.pdf>
- Chen, K. H. (2017). Narrow-Band Internet of Things: Implementations and Applications. IEEE Internet of Things Journal, vol. PP, no. 99, 1 - 1. doi:10.1109/JIOT.2017.2764475
- Z. W. Cheo, H. T. Yang, K. Kansala, K. Maatta, and J. Rehu. "Smart Home/Building Energy Management System for Future Smart Grid Architecture with Automated Demand Response Applications", SGIoT 2017.
- Consortium, O. F. (Nov 2017). Open Fog Consortium. Noudettu osoitteesta <https://www.openfogconsortium.org/>
- Frost&Sullivan (2014) Strategic Opportunity Analysis of the Global Smart City Market. Smart City Market is Likely to be Worth a Cumulative \$1.565 Trillion by 2020, Frost&Sullivan.
- Furness, T. 2005. Implementing Information Classification within the Enterprise (GIAC Security Essentials Certification). <https://www.giac.org/paper/gsec/4198/implementing-information-classification-enterprise/106714>
- JPM CyperService Oy, 2017. Selvitys tulevaisuuden tietoliikenne- ja palvelu- ja liikenne- ja viestintäalueen maankäytön sekä infrastruktuurin suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon 2017-2050. Luottamuksellinen.
- Kiran et al (2015). Kiran M. et al. "Lambda Architecture for Cost-Effective Batch and Speed Big Data Processing", IEEE International Conference on Big Data, 29.11.2015-01.11.2015, Santa Clara, CA, USA.
- Klaus Käsälä, Kalle Määttä, Jari Rehu. "Flexible buildings-How to manage Grid better", IC-BSEE 2017 19th International Conference on Building Simulation and Environmental Engineering, 2017.
- Mahmud R., Kotagiri R., Buyya R. (2018) Fog Computing: A Taxonomy, Survey and Future Directions. In: Internet of Everything. Internet of Things (Technology, Communications and Computing). Springer, Singapore. *To be published*.
- Marz&Warren (2013). N. Marz, J. Warren, Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems. Manning Publications, 2013.

- Kalle Määttä, Jari Rehu, Hannu Tanner, Klaus Käsälä. "Building Intelligence – Home operating system for smart monitoring and control", 16th Annual IEEE International Conf. on Electro Information Technology, May 14 -17, 2017 – Lincoln, Nebraska, U.S.A., 2017.
- Paiho, S. Hoang, H., Hukkalainen, M., Westerberg, R., 2015, Paikallista energiaa asuinalueella, Esimerkkinä Helsingin Vartiosaari, VTT Technology 234, Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T234.pdf>, luettu 1.1.2017.
- PAS 182:2014: Smart city concept model – Guide to establishing a model for data interoperability. http://shop.bsigroup.com/upload/268968/PAS%20182_bookmarked.pdf.
- Peltier T. R. & Tompkins W. 2014. Asset Classification. Teoksessa Peltier, T. R. (toim.) Information Security FUNDAMENTALS. 2. painos. Boca Raton: CRC Press.
- Pincher, P. (2014). A guide to developing taxonomies for effective data management, 2013. URL <http://www.computerweekly.com/feature/A-guide-to-developing-taxonomies-for-effective-data-management>
- Pääkkönen P., Pakkala D. (2015). "Reference architecture and classification of technologies, products and services for big data systems", Big Data Research 2(4): 166-186, 2015.
- Raza, P. K. (2017). Low Power Wide Area Networks: An Overview. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 19, no. 2, 855-873.
- Shi, W., J. Cao, Q. Zhang, Y. Li, and L. Xu. 2016. Edge computing: vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal* 3(5): 637–646.
- Smallwood, R. F. 2012. Safeguarding Critical E-Documents : Implementing a Program for Securing Confidential Information Assets. Somerset, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Varghese, B., Wang, N., Barbhuiya, S., Kilpatrick, P., & Nikolopoulos, D. S. (2016). Challenges and Opportunities in Edge Computing. In Proceedings of the IEEE International Conference on Smart Cloud (IEEE SmartCloud), 2016.
- VTT Impulssi 2017/1, Ikäteknologia arjen apuna ja turvana s. 51. <http://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Ik%C3%A4teknologia-arjen-apuna-ja-turvana.aspx>
- Yang, T. M., & Maxwell, T. A. 2011. Information-sharing in public organizations: A literature review of interpersonal, intra-organizational and inter-organizational success factors. *Government Information Quarterly*, 28(2), 164-175.