

6Aika: Tulevaisuuden toimijariippumaton dataintegraatioalusta (CityIoT)

VAATIMUSMÄÄRITTELY V1.00 FIN

Määrittely perustuu Oulussa pidettyyn työpajaan, Webpropol kyselyyn sekä Tampereen SmartCity projektin vaatimukseen. Documentissa esitellyt vaatimukset painottuvat data-alustaan ja datan keräämiseen sillä nämä ovat CityIoT-projektin ytimessä. Muut IoT järjestelmiin liittyvät vaatimukset on rajattu tämän dokumentin ulkopuolelle.

Projektisuunnitelman mukaisesti tätä dokumenttia päivitetään säännöllisesti projektin aikana. Projektin löydökset, kokemukset ja sidosryhmien palaute tulee vaikuttamaan dokumentin sisältöön.

Kommentit tähän dokumenttiin ovat tervetulleita ja pyydetään lähettämään osoitteeseen harri.sten@tut.fi.

Versio	Pvm	Sisältöä/muutokset	Kirjoittajat	Kieli
1.00	27.03.2018	Ensimmäinen julkinen versio	H.Sten, J.Hyysalo, T.Leppänen, K.Systä	Suomi

Sisällysluettelo

1. Johdanto	4
1.1 Kohdeympäristön nykytila.....	4
1.2.....Kohdeympäristön tavoitetila ja referenssiarkkitehtuuri	5
2. Taustaa	6
2.1 Yleistä.....	6
2.2 Vaatimusten kerääminen	6
2.3 Smart City Tampere IoT-mallin avoin määrittely.....	7
2.4 Vaatimusten analysointi.....	7
3 Vaatimukset	8
3.1 Yleistä.....	8
3.2 Datan keräys ja tallennus	8
3.3 Alustan käyttö ja operointi.....	10
3.4 Sovellusrajapinta	11
3.5 Arkkitehtuuri, toteutus ja ylläpito	11
3.6 Turvallisuus ja yksityisyys.....	12
3.7 Liiketoiminta.....	14
3.8 Kaupunkikohtaisten toteutusten vaatimukset.....	14
3.9 Hylätyt vaatimukset.....	15
4 Liitteet.....	16

1. Johdanto

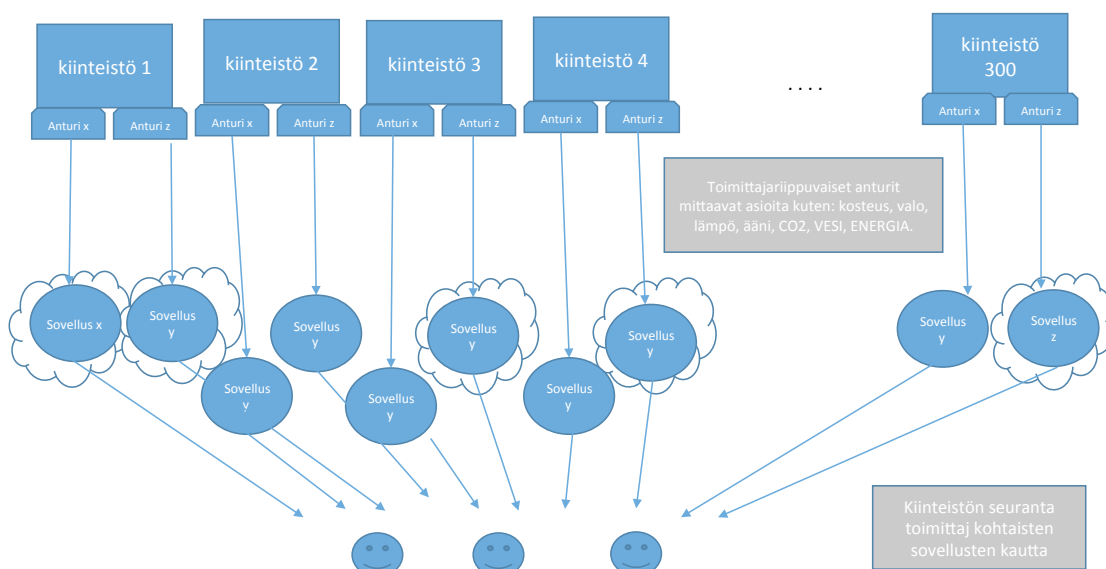
Vaatimusmäärittely luo pohjan CityIoT projektissa luotavan IoT-alustan luomiseksi. Vaatimusmäärittely ohjaa muiden työpakettien työtä – erityisesti työpaketin TP3 (rajapinnat ja sovellukset) sekä työpaketin TP 5 (referenssitoteutus).

Vaatimukset on koottu asiantuntijoilta, jotka edustavat erilaisia näkökulmia alustaliiketoimintaan, kehitykseen, palvelutuotantoon jne. Mukana on myös loppukäyttäjien näkökulma. Tuloksena on alustava lista vaatimuksista, jota täydennetään projektin edetessä ja kokemusten karttuessa.

1.1 Kohdeympäristön nykytila

Tulevaisuudessa älykkäät kaupungit perustuvat sensoreista ja muista lähteistä kerättävään tietoon, ja tietoja kyettävä hyödyntämään tehokkaasti. Nykyiset järjestelmät sisältävät useita toisistaan riippumattomia ja eriytyneitä teknologioita sekä toimittajakohtaisia ratkaisuja. Lisäksi IoT-alustat ja -laitteet eivät ole yhteensopivia aiheuttaen päällekkäisiä järjestelmiä. Tämä johtaa siihen, että järjestelmistä ja mittalaitteista kerättyä dataa ei voida hyödyntää täysimääräisesti. Erityisesti dataa hyödyntävien sovellusten rakentaminen ja levittäminen ovat hankalaa.

Muita haasteita ovat mm. IoT:n mahdollisuuksia ei osata tunnistaa, tietoturvallisuuden hallinta, sekä kokonaisuuden hallinta tietojen ja teknologioiden eriytymisen estämiseksi. Esimerkkinä nykytilanteesta on esitetty sensortechnologian hyödyntämisen nykykuva Oulun kaupungista kuvassa Kuva 1.

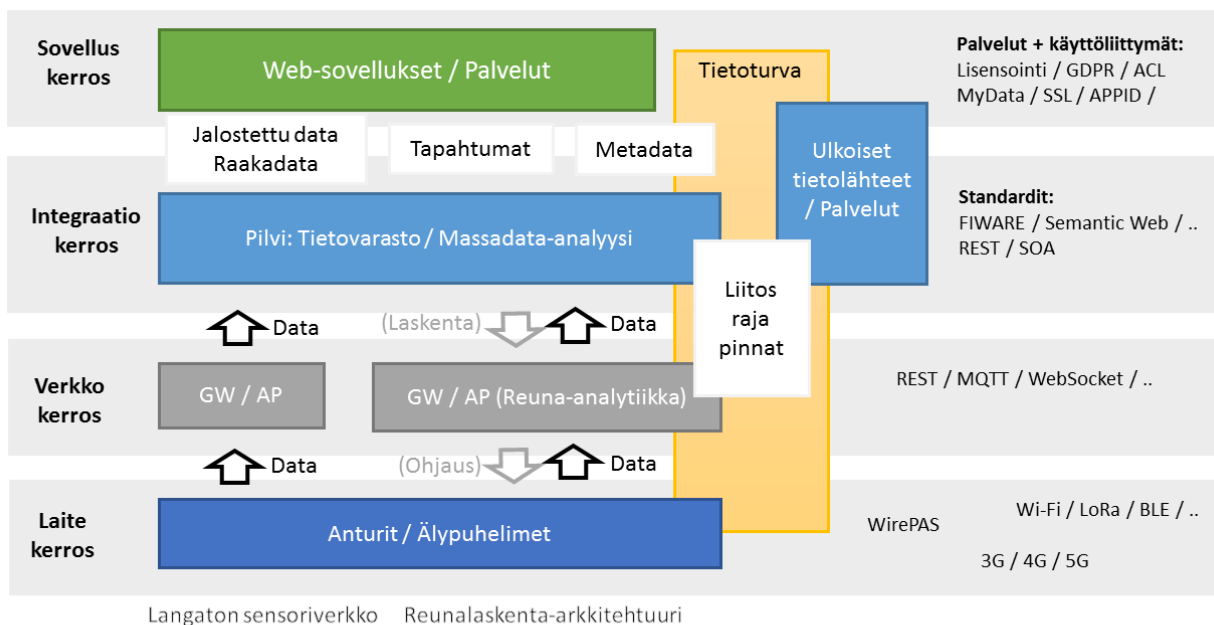


Kuva 1 - Sensortechnologian hyödyntämisen nykytila.

Seuranta tapahtuu useiden toimittajakohtaisten sovellusten kautta. Sovellukset ovat harvoin yhteneväisiä toiminnaltaan tai ulkoasultaan, joten käyttäjän tulee hallita useita erilaisia sovelluksia. Lisäksi tiedonsiirto sovelluksesta toiseen on hankalaa.

1.2 Kohdeympäristön tavoitetilä ja referenssiarkkitehtuuri

Vaatimusmäärittelyä on kirjoitettu Kuva 2 mukaisen referenssiarkkitehtuurin pohjalta, johon on ryhmitelty vaatimusmäärittelyn yhteydessä esiinnoitettuja teknologioita. Tavoitteena on hyödyntää olemassaolevia standardeja, jotta alustan yhteensopivuus olisi mahdollisimman kattava. Referenssiarkkitehtuuri ei kuitenkaan ole sidottu pelkästään mainittuihin teknologioihin. Alustan keskiössä on **tietovarasto**, johon tieto kerätään **sovellusten** ja palveluiden käytettäväksi. Tietovarasto voi olla modulaarinen ja hajautettu, jossa lähtökohtana on olemassaolevien tietovarastojen liittäminen alustaan saumattomasti. Vaadittavat liitosrajapinnat ja -kuvaukset tuotetaan projektin tuloksena, jossa tavoitteena on yhteensopivuus 1) vertikaalisesti eri tiedonsiirtoteknologiaratkaisujen kanssa sekä 2) horisontaalisesti tietovarastojen ja palveluiden välillä. Tietoa kerätään sekä sensoreilta että ulkoisista lähteistä (esim. julkiset Web-palvelut). Alusta mahdollistaa datan jakamisen eri muodoissa: raakadatanä tai sovelluskohtaisesti jalostetusti tai tapahtumina. Varsinkin sensoreiden tapauksessa tiedon keräämisessä avustaa Internet-**yhdyskäytävä (GW)** joka voi tehdä tiedon esiprosessointia tai muuta sovelluskohtaista laskentaa. Alustan alempien kerrosten tuleekin mahdollistaa myös tulevat reunalaskennan ratkaisut ja sovellukset GW- tai muissa verkkoinfrastruktuurin komponenteissa. Valittavan tietoturvaratkaisun tulee kattaa kaikki arkkitehtuurin kerrokset sekä sovellus- ja palvelutuottajien vaatimukset. Sovellus- ja palvelukerroksessa otetaan huomioon datan ja palveluiden lisensointi.



Kuva 2 – Referenssiarkkitehtuuri.

2. Taustaa

2.1 Yleistä

Tämä vaatimusmäärittely syntyi CityIoT –projektin työpaketin 1 (TP1) työn tuloksena. Työn lähtökohtana ovat projektin alussa kerättävät tarpeet ja alustavat vaatimukset rajapintamäärittelyä (TP3) ja referenssitoteutusta (TP5) varten. Erityisesti on tarkoitus kartoittaa olemassa olevat IoT-ratkaisut ja -alustat sekä tunnistetut tarpeet ja vaatimukset liittyen näiden eri alustojen palveluiden saamiseksi kaupunkien ja yritysten käyttöön. Lisäksi projektissa pyrittiin kartoittamaan myös muissa 6-aika-kaupungeissa (Turku, Espoo, Vantaa, Helsinki) IoT-aihealueella tehty työ ja eri projekteissa saavutetut tulokset. Vaatimusmäärittely prosessi muodostui kahdesta vaiheesta; vaatimusten kerääminen (TP1.1) ja vaatimusten analysointi (TP1.2).

2.2 Vaatimusten kerääminen

Varsinainen vaatimusten kerääminen tapahtui haastatteluiden, kyselyiden ja työpajojen avulla. Vaatimukset kerättiin useista näkökulmista, erityisesti osallistuvien kaupunkien tarpeista, kumppaniyrityksiltä eri toimialoilta, sekä osallistuvien tutkimuslaitosten tutkimustuloksista. Tämän lisäksi tavoitteena on myös kerätä vaatimukset muista 6aika-kaupungeista ja yrityksistä, jotka osoittavat kiinnostuksensa referenssitoteutukseen projektissa.

Vaatimusten keräämiseksi alussa järjestettiin haastatteluita ja tapaamisia hankkeeseen osallistuvien tahojen kanssa (TTY, OuY, Tampereen ja Oulun kaupunki, OAMK sekä muutama yritys ja yhteisö). Pian tapaamisten aikana selvisi, että Tampereen kaupunki oli aloittamassa Smart City Tampere CityIoT avoimen määrittelyn omiin tarpeisiinsa (lisätietoa hankkeesta myöhemmin tässä luvussa), joten päätettiin hyödyntää osana tämän CityIoT –hankkeen vaatimusten keräystä Tampereen hankkeen tuloksia. Oulun kaupungin osalta lista vaatimuksista saatiin suoraan sähköpostilla.

Vaatimusten keräämiseksi yrityksiltä ja muilta kiinnostuneilta tahoilta (lähinnä Oulun seudulla) laadittiin ja toteutettiin kysely (Webropol) 10-12/2017 välisenä aikana. Kyselyn vastaanottajat, eli potentiaaliset tahot, saatiin Oulun Yliopiston Hilla -hankkeen asiakasrekisterin perusteella. Kyselyn tulokset kirjattiin ja kategorisoitiin alustaviin ryhmiin.

Seuraavana vaiheena järjestettiin vaatimusten keräämiseen liittyvä työpaja joulukuussa 2017 Oulussa. Työpajaan kutsuttiin hankkeesta kiinnostuneita yrityksiä ja tahoja. Työpajassa hankkeen esittelyn lisäksi kerättiin lisää vaatimuksia ns. learning cafe menetelmän avulla, eli ryhmät jaettiin etukäteen laadittujen kategorioiden perusteella ja niissä käytettiin pohjana kyselyn perusteella saatuja vaatimuksia. Ryhmissä keskusteltiin ja luotiin uusia vaatimuksia. Työpajan tulokset lisättiin aiemmin kyselystä ja Oulun kaupungilta

saatuihin vaatimuksiin. Lopputuloksena syntyi yhdistetty joukko vaatimuksia joiden identifiointi alkaa kirjaimella "O".

2.3 Smart City Tampere IoT-mallin avoin määrittely

Tampereen alueen osalta vaatimukset kerättiin suoraan Tampereen Smart City hankkeen tuloksista (avoin määrittely). Tämä CityIoT hanke saa Tampereen hankkeen tulokset vaatimusten osalta käyttöönsä. Kyselyiden, haastatteluiden ja työpajojen jälkeen vaatimukset kuvattiin ja ryhmiteltiin alustavasti.

Tampereen Smart City IoT –mallin avoin määrittelytyö lähti käyntiin 03.11.2017 TTY:n Kampusareenalla pidetyllä avaustilaisuudella, johon osallistui yli 80 yritysten ja organisaatioiden edustajaa. Siinä Tampereen kaupunki, yritykset ja organisaatiot yhdessä määrittelevät Smart City IoT -mallin, sekä kaupungin tarve muutaman esimerkin kautta. Mallin tavoitteena on vastata Älykkään kaupungin tarpeeseen tiedon siirrosta, analysoinnista ja ennustemallien luomisesta. Määrittelytyössä on mahdollista vaikuttaa Tampereen kaupungin Smart City IoT-mallin suunnitteluun, sisältöön ja hankintaan. Määrittelytyöstä syntyvää dokumenttia tullaan käyttämään kaupungin IoT-mallin suunnittelun ja hankinnan tukena.

Tampereen avoimen määrittelyn prosessi eteni avaus tilaisuuden jälkeen pidetyillä kolmella työpajalla. Työpajoissa ryhmiin jakautumalla pohdittiin vaatimuksia eri osa-alueelle. Vaatimukset kerättiin määrittelydokumenttiin, jonka loivat yhteistyössä muutama työpajoihin osallistunut yritysten edustaja. Tampereen kaupungin SmartCity IoT-määrittelyhankkeessa avoimuuden periaatteet määrittelyvaiheessa koskivat mm. että yhteistyöllä rakennetaan vahvaa ekosysteemiä ja että kaikki voivat käyttää työn tuloksia omassa toiminnassaan. Näin aikaan saatua dokumenttia on sitten hyödynnetty myös tämän hankkeen määrittelytyössä. Tampereen SmartCity projektin vaatimusmäärittely kattaa asioita jotka eivät ole relevantteja tämän dokumentin – data alustan – vaatimusten kanssa. SmartCity-projektin vaatimuksista on kuitenkin poimittu tämän dokumentin kannalta oleelliset vaatimukset. Nämä vaatimukset on identifioitu kirjaimella "T" alkavalla tunnuksella.

2.4 Vaatimusten analysointi

Kerättyjä vaatimuksia on analysoitu työryhmällä Harri Sten, Jarkko Hyysalo ja Kari Systä. Analyysissä yhdistelty vaatimuksia, hylätty irrelevantteja ja epärealistisia vaatimuksia sekä annettu vaatimuksille alustava prioriteetti. Tämän analyysin tulos on esitetty tässä dokumentissa. Analyysin seuraava vaihe tulee perustumaan dokumentin saamaan palautteeseen.

3 Vaatimukset

3.1 Yleistä

Tässä dokumentissa esitetyt vaatimukset on koottu yhdistämällä CityIoT-projektin omalla prosessillaan keräämät vaatimukset "Oxxx" ja Tampereen SmartCity vaatimusmäärittelystä kerätyt vaatimukset "Txxx". Lähteenä olevat vaatimuksiin on viitattu laittamalla hakasulkujen väliin kyseiset raakavaatimukset. Alkuperäistä sanamuotoa on saatettu muuttaa yhtenäistämisen, tarkentamisen tai tekstin sujuvuuden vuoksi. Alkuperäiset vaatimukset löytyvät liitteinä.

Vaatimuksissa on kolme prioriteettitasoa:

- PRI1: pakollinen ja toteutetaan ensitilassa. Referenssitoteutus tulee pohjautumaan näihin.
- PRI2: tärkeä muttei kiireellinen
- PRI3: valinnainen

REQ3.1.1;PRI: Alustassa on on tietovarasto johon tietolähteen sekä sovellukset kytkeytyvät. [O74,O75,O76]

3.2 Datan keräys ja tallennus

REQ3.2.1;PRI1: Alustaan voi liittää uusia tietolähteitä toimittajariippumattomasti [O26,O74, O75, T34]. Näitä lähteitä voivat olla anturit [O3], yhdyskäyttävä joka välittää antureilta tulevan datan [O27, T35-T38], vanhat tiedostot [O67], vanhat laitteet [O155] sekä kansalaisten tuottama data [O71, O106]. Tätä vaatimusta tukevat dokumentoidut sekä standardien- yhdenmukaiset rajapinnat. (Kts. Vaatimus REQ3.2.3)

Teknologioiden moninaisen vuoksi yhteistyökumppaneilla saattaa olla spesifisiä vaatimuksia kuten "Alustan on oltava yhteensopiva MATTI - järjestelmän, C2 Smartlight Oy järjestelmän ja Lumine Lighting Solutions Oy järjestelmän kanssa. [O95], tai "Sähköautojen latauksessa tulee olla oma rajapinta. Esim. Open Charge Point Protocol (OCPP). Huomioitava sähköautolatausalan toimijat (Virta., Parkkisähkö Oy, Fortum jne.). [O168]". Kaikkia tällaisia vaatimuksia ei voida toteuttaa koska ne ovat keskenään ristiriitaisia. Kerätyissä vaatimuksissa oli myös yritysspesifisyyden vastainen vaatimus Täytyy välttää legacy-laitteiden ehdoilla toimiminen: niiden ei saa antaa rajoittaa päätöksentekoa [O115]

REQ3.2.2;PRI1: Muunnoksesta CityIoT:n rajapinnan mukaiseksi on ensisijaisesti vastuussa tietolähde tai sen yhdyskäyttävä, mutta CityIoT-alusta tukee liityntäarkkitehtuurin protokollaspesifisten muuntimien rakentamista alustan yhteyteen. Eri tietolähteet käyttävät erilaisia liityntäteknologioita [O21] sekä erilaisia protokollia [O25]. Tuettava konversioita eri standardeista toiseen tai itse määriteltyyn malliin [O45].

REQ3.2.3;PRI1: Alustan tulee perustua laajasti käytettyjen standardeihin. Tämä koskee sekä liityntäteknologioita, rajapintoja, protokollia, formaatteja sekä tietomalleja. Datan tulee erityisesti olla hyödynnettävissä standardien mukaisilla tavoilla,

mutta myös datan keräämisessä käytetään standardeja mahdollisimman laajasti. [T2, T12, T39, T40, O4, O41, O55, O58, O146] Tämä kannustaa myös IoT-laitteiden ja järjestelmien valmistajia noudattamaan näitä avoimia standardeja. FIWARE:n ja GSMA:n tukema NSGlv2 on potentiaalinen kandidaatti, muita ovat ETSI, IETF, OMA jne. HUOM: Yksi kerätty vaatimus [O41] ehdottaa mahdollisimman monen standardin tukemista. Tämä on suotavaa tiedon keräämisessä, mutta tiedon käytön tulee nojata rajattuun joukkoon ja kerättävä data muunnetaan yhtenäiseen muotoon yhdyskäytävissä tai muuntimilla. (Kts. REQ3.2.2)

REQ3.2.4;PRI2: Alustan tulee mahdollistaa mahdollisimman reaaliaikainen datan välittäminen [O34] eli alustan on taattava riittävän pieni latenssi tiedonsiirrolle sekä sensorilta alustalle, että alustalta sovellukselle [O124]. REST-rajapintojen lisäksi tarjottava myös luotettavia yhteyksiä esim. Near real-time tarpeisiin [O17]. Datalähteiden kohdalla on huomioitava datan siirtomäärät, siirtofrekvenssit, streaming-tarve jne. valittaessa siihen sopivaa teknistä ratkaisua. [T20]

REQ3.2.5;PRI2: Alustan tai yhdyskäytävän tukee voida puskuroida dataa esimerkiksi silloin kun on katkoksia tiedonsiirrossa. [O16] Puskurin pituudelle ei luonnollisestikaan voi asetta absoluuttista raja-arvoa, mutta sen tulee olla säädettävissä esimerkiksi hankkimalla muisti ja prosessointikapasiteettiä.

REQ3.2.6;PRI1: Alusta tallettaa sekä ylläpitää identiteetti- status- ja metatietoa datasta ja datalähteistä, tietomuodoista ja tiedon merkityksestä [O6, O11, O28, O64, T1, T16, T17, T18, T43, O54]. Osa näistä tiedoista on lähinnä pääkäyttäjille [O6, O7]. Sovellus voi tämän avulla selvittää mitä tietoa ja tietolähteitä [O89] on käytettävissä. Metatieto on keskitetysti saatavissa – esimerkiksi keskitetyssä paikassa [T10]. Koska eri lähteet pystyttävä tunnistamaan luotettavasti, metatiedon on oltava luotettavaa ja yksikäsitteistä. On oltava yksiselitteinen tuki data lähteen tunnistukselle. Tietovarasto takaa, että data on peräisin sieltä mistä sen sanotaan olevan. [O43]

Esimerkkejä tallettavasta metatiedosta ovat

- datan alkuperä (mistä data on lähtöisin), tunniste laitteesta, sijainnista jne.
- mittaustapa
- formaatti
- yksikkö
- vaihteluväli
- kalibrointistatus (tarkkuus, aikaleima)
- kuvaus aikaleimasta (mm. formaatti, tarkkuus, synkronointi järjestelmän muihin liittyviin kelloihin, aikavyöhyke, kesä/talviaika)
- puuttuvan, virheellisen, tms. arvon merkintä (datan eheyden varmistaminen)
- onko data jo normalisoitu, keskiarvoistettu tai muutoin jalostettu, ja jos niin miten

REQ3.2.7;PRI1: Alustan tulee säilyttää mittaushetken aikaleima [O54]. Aikaleima on kuitenkin aikavyöhykekorjattu ja konvertoitu standardin mukaiseen esitystapaan (esim. UTC).

REQ3.2.8;PRI3: Alustan tulee mahdollistaa koosteisen tiedon muodostaminen [O35], nämä koosteet voivat olla esimerkiksi aikapohjaisia eli joissakin tapauksissa voi olla

hyödyllistä jättää yksittäiset mittaustulokset tallentamatta, vaan tuottaa niistä ainoastaan koosteista tietoa. Datan koostamisen tulee olla helppoa [O44]. HUOM: yhdyskäytävä voi myös tehdä tällaista koostamista, mutta alustan kannalta kyseessä on vain dataa.

REQ3.2.9;PRI3: Alustan tulee tukea menetelmiä havaita puuttuva, puutteellinen tai virheellinen havainto (esim. sensori lähettää mittatietoa väärässä tai huonossa muodossa) ja käynnistää tästä johtuvat tarpeelliset toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi ja/tai ko. virheellisen tiedon käytön ehkäisemiseksi [O68, T14].

REQ3.2.10;PRI2: Datan elinkaaren eri vaiheita pitää pystyä hallitsemaan määrittelemälle datalle säilytysaika [T30]. Määräajan umpeuduttua data voidaan poistaa, tai koostaa summadataksi pidemmän aikavälin analyysijä varten. (kts 3.2.8)

REQ3.2.11;PRI3: Raakadata pitää voida tallentaa myöhempää käyttöä ja muita tarpeita varten (esim. strukturoimattoman datan käyttö) [O16]

REQ3.4.12;PRI3: Alustan tulisi tarjota mahdollisimman valmista dataa kaupunkitietomallille ja simulaatioihin (erityisesti CityGML ja netCDF) [O90].

3.3 Alustan käyttö ja operointi

REQ3.3.1;PRI1: Alustan määrittelyn pitää kuvata, miten virhe-, vika- tai hajoamistilanteissa (alusta, tietoliikenne, sensori tms.) menetellään ja minkälaista palvelutasoa (SLA) noudatetaan. [O13, T32] Eri toteutukset voivat tarjota erilaisia palvelutasoja.

REQ3.3.2;PRI2: Alustassa tulee olla riittävät palautumis- ja uudelleenkäynnistystoiminnot [O23].

REQ3.3.4;PRI2: Alustan määrittelyn tulee kuvata ei-toiminnalliset vaatimukset liittyen sen suorituskykyyn ja saatavuuteen [O135]; Alustan toteutuksen tulee antaa konkreettiset lupaukset.

REQ3.3.5;PRI1: Laitteiden ja järjestelmien liittäminen alustalle oltava helppoa. Oltava selkeä rajapinta uusien laitteiden ja järjestelmien lisäämiseen sekä laitteiden että konfiguraation hallintaan. [O37, O42, O70] Operoinnin pitää olla mahdollista myös isossa mittakaavassa ja ei-teknisissä rooleissa: sensorin asentaja voi olla sähkömies kentällä jolla ei ole käytettävissä tietokonetta. Tiedon käytössä muistettava tavallisen ihmisen näkökulmassa: Helppokäyttöisyys ja selkeä käyttöliittymä sensorien/laitteiden/ aktuaattorien kontrollointiin.

REQ3.3.6;PRI3: Järjestelmässä on konfiguroitava käyttöliittymä jonka avulla eri sidosryhmät voivat tarkastella tietoa visuaalisesti [O80]. Käyttöliittymien rakentamiseen oltava selkeät ja yhtenäiset säännöt. [O37]. On myös mahdollista, että visualisointi on erillinen komponentti, eikä osa alustan ydinosaa.

REQ3.3.7;PRI2: Datan tallennusajan pitäisi olla määrättävissä niin, että tallessa pysyy data ennalta määritellyn ajan [O5]

REQ3.3.8; PRI2: Alustassa pitää olla toiminto jolla kertyneen datan määrää voi seurata [O6]

3.4 Sovellusrajapinta

REQ3.4.1:PRI1: Sovelluksia tarvitaan hyvin dokumentoitu API jolla tietoa voi etsiä ja lukea. [O73, O76]. Rajapinnalle on olemassa SDK ja koodimallit. Sekä dokumentaatio, että koodimallit ovat julkisesti saatavilla. Avoimia rajapintoja oltava tarjolla, jota liiketoiminnallinen hyödynnettävyys taataan [O137]. Rajapintojen oltavahyvin strukturoituja ja dokumentoituja [O165] ja sovelluttava myös analytiikan käyttöön [T33].

REQ3.4.2:PRI1: Oltava mahdollisimman helppo kokeilla omia datapalveluja kaupungin tarjoamien datalähteiden päällä. [O129].

REQ3.4.3:PRI2: API:n on tulisi olla kaksisuuntainen niin, että sillä myös ohjata toimilaitteita. [O73] Alustan tulee tarjota rajapinta olemassa olevien mittaus/säätö/ohjaus laitteiden ohjaamiseen uusilla (hajautetuilla) sovelluksilla.[O92]

REQ3.4.4:PRI1: API:n täytyy kehittyä alustan mukana ja niiden tulee mahdollistaa uusien sovellusten ja laitteiden lisääminen alustaan. [O66] Taaksepäin yhteensopivuus on kuitenkin taattava ja versioinnin tulee olla hallittua.

REQ3.4.5:PRI2: Rajapinnan avulla tulee olla mahdollista ns. tilata muuttuvia tietoja, jolloin liikenne- ja prosessointitarve on pienempi. [O62, O33, O84]

REQ3.4.6:PRI2: Alustan ja rajapinnan tulee tukea älykkäitä ja monipuolisia sovelluksia – esimerkiksi oppivia järjestelmiä tai semanttista päättelyä. [CityIoT-projektin sisäinen]

3.5 Arkkitehtuuri, toteutus ja ylläpito

REQ3.5.1;PRI1: Alustan arkkitehtuurin on oltava selkeä, modulaarinen ja laajennettavissa oleva, sekä sallia uusien järjestelmien helpon liitettävyyden elinkaaren aikana. Käytettävä selkeitä ja valikoituja sääntöjä erityisesti rajapintoihin ja käyttöliittymään. [O36]

REQ3.5.2;PRI1: Alustan teknisen tulee olla sellainen, että se toteutuksen tulee voida olla ostettavissa pilvipalveluna [O1] sekä asennettavissa omaan konesaliin [O2].

REQ3.5.3;PRI: Olemassa olevat sekä kaupalliset että Open Source ratkaisut huomioon otettava alustaa suunnitellessa. Tässä on varottava, ettei synny "vendor-lock". [O81, O82]. Alustan toteutuksessa tulee voida mahdollisuuksien mukaan hyödyntää olemassa olevia avoimen lähdekoodin teknisiä ratkaisuita. [O94] (kts vaatimus 3.6.1)

REQ3.5.4;PRI3: Data-alusta on osa isompaa järjestelmää ja kussakin tilanteessa on voitava optimoitava paras paikka yhdyskäytävälle, laskennalle ja analyyseille ja käyttää hyväksi myös olemassa olevaa laskenta infraa. Tämä tarkoittaa mahdollisuutta käyttää mm. reuna- (edge) ja sumu- (fog) laskentaa.[O145, O14]

REQ3.5.5;PRI3: Alustan tulee tarjota sovellusten ajoympäristö. Algoritmi komponenttien lisääminen ja muokkaaminen oltava helppoa alustalle [O79]. Alusta mahdollistaa erilaisten datavirtaprosessoreiden (stream data processing) käytön [O77].

REQ3.5.6;PRI2: Tarjottava integraatio yksityisiin alustoihin siten, että alustan kautta pääsee käsiksi yksityisten alustojen dataan sekä tarvittaessa niin että yksityinen alusta saa käyttöönsä CityIoT alustan dataa. [O140]

Huom. Mahdollisia toteutuksia:

- yksityinen alusta käyttää CityIoT rajapintaa
- yksityinen alusta on CityIoT-alusta sisäinen moottori ja tietokanta
- integrointi tapahtuu yhdyskäytävän kautta
- integroinnista huolentii älykäs semanttinen teknologia

REQ3.5.7;PRI1: Alustan on oltava riittävän dynaaminen muuttuviin liiketoiminnan tarpeisiin ja ympäristön muutoksiin [O142, O167].Koskee sekä ominaisuuksien muunneltavuutta että toteutusta. (Kts vaatimus 3.6.3)

REQ3.5.8;PRI1: Alustan tulisi olla toimittajavapaa ja sen hyödyntäminen tulisi voida olla ilmaista tai tämä tulisi aina ottaa huomioon määrittelyissä (tilaaja vaatii tiettyä rajapintaa City IoT:n osalta). [O136]

3.6 Turvallisuus ja yksityisyys

Jotta haluttu tiedon yksityisyys ja halutut liiketoimintamallit voidaan luotettavasti toteuttaa, järjestelmässä on huomioitava tietoturva. Tämä tarkoittaa tarvittavaan yksityisyyden suojaamista, datan käyttöoikeuksien hallintaa sekä tekninen toteutus joka mahdollistaa nämä vaatimukset.

Alusta tarjoaa menetelmät, joiden avulla alustan käyttäjät voivat hallita turvallisuuteen liittyviä аспекteja. Konkreettiset tarpeet riippuvat datasta ja käyttökohteesta. Esimerkiksi Kuopion torin lämpötilaa ei välttämättä tarvitse kryptata, mutta rahan siirtoon liittyvät asiat pitää suojata hyvinkin tarkkaan [O108]. Joskus data julkisuudella voi olla turvallisuuteen liittyviä kerrannaisvaatimuksia – esimerkiksi tapahtuman turvallisuus voi vaarantua [O151].

REQ3.6.1;PRI: Järjestelmän tietoturvan pitää olla tarkistettavissa. Ulkopuolisen auditoinnin ja testauksen pitää olla mahdollista [O101] ja avoimen lähdekoodin ohjelmistoja suosittava, jotta kuka tahansa voi auditoida järjestelmien tietoturvan [O160]. (kts 3.5.3)

REQ3.6.2;PRI1: Järjestelmässä tulee olla tarvittavat tietoturvamekanismit kuten luotettava identiteetin hallinta ja vahvasti salattu tietoliikenne [O15, O112]. Autentikoiduissa yhteyksissä identifikaatiotietoa ei lähetetä selväkielisenä. Tällöin lähetetty data on kryptattu

eikä sitä (kovin helposti) saa avattua katsomalla verkkoliikenteen seurantasovelluksilla. [O115]

REQ3.6.3;PRI1: Järjestelmä tai sen osa pitää pystyä päivittämään silloin niistä löytyy turvallisuus puutteita. [O108]. (Kts vaatimus 3.5.7).

REQ3.6.4;PRI2: Tiedon omistajuus käyttöoikeudet ovat hallittavissa [T3], ja tiedon kerääjällä sekä tiedon kohteena olevalla on oltava mahdollisuus kontrolloida tiedon käyttöä [O59]. Tämä tarkoittaa myös sitä, että julkinen, rajoitettu, henkilökohtainen jne. on eroteltava [O69]. (kts 3.7.3, 3.7.4) Sekä omistajuus että oikeudet voivat vaihtua elinkaaren aikana [T29].

REQ3.6.5;PRI2: Ratkaisun pitää olla GDPR yhteensopiva [O104]. Käytettäessä GDPR alaista tietoa, tulee alustan tarjota myös tarvittavat GDPR-prosessit [O110]. Esimerkiksi, jos alustaan talletetaan henkilökohtaista sensoridataa, alustan tulee tarjota työkalut kansalaisten henkilökohtaisen sensoridatan luvitukseen [O128] ja datan poistamiseen [O116]. (kts 3.3.5 ja 3.3.6)

REQ3.6.6;PRI2: Data fyysinen sijainti pitää olla määrättävissä, sillä lainsäädäntö asettaa erilaisia vaatimuksia, esimerkiksi että datan tulee sijaita EU:n alueella, tai pelkästään Suomessa. [O116, T8]. Toimijakohtaisesti voi kuitenkin olla vaatimuksia datan sijainnin suhteen [T9]. (kts 3.5.2)

REQ3.6.7;PRI1: Alustan tulee tukea käyttäjien luotettavaa tunnistamista ja tiedon käytön käyttäjäkohtaista rajoittamista. [O111], niin että käyttäjä pääsee näkemään ja hyödyntämään vain sitä dataa mikä hänelle annettu [T26]. Tämän mahdollistaa esimerkiksi käyttöoikeuslistapohjainen (ACL) mekanismi (kts 3.6.4). Uusien tietolähteiden liittämistä on voitava rajoittaa käyttäjäkohtaisesti.

REQ3.6.8;PRI1: Järjestelmän on mahdollistettava myös täysin avoin käyttö, jossa käyttäjän ei tarvitse rekisteröityä järjestelmään [O138].

REQ3.6.9;PRI3: Järjestelmän tulee kerätä lokia käyttäjistä ja muutoksista, josta ilmenee kuka dataa on avannut, käsitellyt, käyttänyt, muuttanut jne. Suljetun datan suhteen tämä on erityisen hyödyllistä. Muiden datalähteiden osalta tämä on toivottavaa, esim. datan käyttömäärien seuraamiseksi [T27]. Lokitiedostosta pitää pystyä näkemään ainakin käyttäjän tiedot ja aikaleima [T28]. Järjestelmän ylläpitäjä voi määritellä loki-tiedon lukuoikeudet.

REQ3.6.10;PRI3: Järjestelmässä tarvitaan myös anonymisointipalveluita [O99]. Useassa tapauksessa anonymisointi tapahtuu yhdyskäytävässä, mutta joskus on tarpeen. Tarjottava mahdollisuus käsitellä myös anonymisoimatonta dataa (kaiken datan anonymisointi pilaa kaupallisia mahdollisuuksia sekä mahdollisuuksia hyödyntää sensoreita esim. automaation osana) [O107].

REQ3.6.11;PRI3: Datan muuttumattomuus lähteestä loppukäyttöön tulee voida varmistaa [T15]. Tämä voi tapahtua esimerkiksi luotettavien protokollien ja

tarkistussummien avulla. Jos järjestelmässä on mahdollisuus muuttaa dataa, digitaalinen allekirjoitus saattaa olla tarpeen.

3.7 Liiketoiminta

REQ3.7.1: Alustan on mahdollistettava erilaisia liiketoimintamalleja, kuten esim.

- IoT laitteiden kehitys, valmistus, myynti, asennus, huolto ja ylläpito. Tämä sisältää myös liityntäteknologiat ja yhdyskäytävät, joilla laitteet liitetään IoT alustaa [O130, O131].
- Sovellusalojen kehitys ja ylläpito eri toimialueille, esimerkiksi energia, ympäristö, liikenne, käytettävissä olevat resurssit [O132]. Sovellusten myynti ohjelmistoina tai palveluna.
- Sovellusalojen ylläpito 24/7 ja tuki (pilvipalvelut) [O133]
- Datan myynti alustan kautta.
- Datan louhintapalvelut [O134]. Mainonta ja markkinointi on yksi mahdollinen sovellus.

REQ3.7.2;PRI1: Alustan pitää huomioida, että käyttäjinä tulee olemaan hyvin erilaisia yrityksiä ja yhteisöjä ml. kolmannen sektorin tahoja, pieniä ja alkavia yrityksiä [O118], joten osa palveluista voi olla täysin ilmaisia ja osa sitten kaupallisia [O119].

REQ3.7.3;PRI2: Alustan on mahdollistettava kerätyn datan kaupallistaminen [O126]. Tällöin on tärkeää kaupallisen datan yksinkertainen lisensointi [O122], ja käyttöehtojen selkeä näyttäminen. Lisensoinnilla ja oikeuksien hallinnalla tulee mahdollistaa datan hyödyntäminen sekä kokonaisuutena että yksittäisen sensorin dataa [O127].

REQ3.7.4;PRI2: Alustan tulee tarjota selkeät lisensointimallit datan käytölle [O105]. Mahdollisia esimerkkejä:

- Avoin data: voin data on mahdollista jakaa yksityisille, organisaatioille, yrityksille tai yhteistyökumppaneille. [T22]
- Puoliavoin data: Data voidaan luovuttaa esim. yhteistyökumppaneille tai toisille julkisille organisaatioille erillisen sopimuksen tai lupakäsittelyn mukaan ja tähän menettelyyn voi liittyä hinnoittelua. [T23]
- Suljettu data: Data on ainoastaan kaupungin omistamaa ja sitä ei luovuteta ulkopuolisille. [T24]
- Suljettu data: Data voidaan luovuttaa ainoastaan NDA:n allekirjoituksella tai siten, että sensitiivinen osa datasta anonymisoidaan. Anonymisoinnin jälkeen sitä voidaan käsitellä kuten puoliavoimaa tai avointa dataa. Tähän datamuotoon voi myös liittyä hinnoittelua. [T25] (kts 3.6.10)

3.8 Kaupunkikohtaisten toteutusten vaatimukset

Nämä vaatimukset koskevat toteutusten ja pilottien tarjoamaa dataa – ei varsinaista alustaa.

REQ3.8.1: Datan tulee olla käyttötarkoitukseensa nähden riittävällä tarkkuudella ylläpidetty (desimaalit, aikaleimat, sijainnin koordinaattipisteet yms.) [T13]

REQ3.8.2: Data ja siihen liittyvät rajapinnat tulee olla ylläpidetty ja saatavilla riittävän pitkään (historiadata vähintään useita vuosia), jotta datan hyödyntäjät voivat rakentaa ja ylläpitää siihen liittyvää liiketoimintaa. [T31]

REQ3.8.3: Alustan kautta tulisi olla tarjolla hyödynnettäviksi kaikki kaupungin palvelut [O139].

3.9 Hylätyt vaatimukset

O53	Alustan tulee määritellä sisäinen viestiformaatti, johon laiteviestit muunnetaan	Toteutusratkaisu
O149	Kiinteistön omistajalla tulee olla mahdollisuus päästä dataan käsiksi suljetuissakin järjestelmissä	Ei ole data-alustan vaatimus
O147	Käytettävä dokumenttitietokantoja relaatiotietokantojen sijaan.	Toteutustekniikkaa
O161	Mahdolliset sensorilaitteisiin asennetut haittaohjelmat pitäisi pystyä tunnistamaan kalibrointivirheistä	Mielenkiintoinen idea muttei vaatimus
O148	Kaiken hankkeessa tuotetun datan tulee olla avointa.	Hyvä tavoite esim. Piloteille muttei alustan vaatimus
O156	Uusissa rakennushankkeissa varmistettava, että toimitaan hankkeen asettamien päämäärien mukaisesti	Hyvä tavoite esim. Piloteille muttei alustan vaatimus
O153	Kaupungin asetettava alustan avoimuus ehdoksi kilpailutuksessa	Vaatimus siitä, että tänä dokumentti otetaan tosissaan
O157	Hankkeen aikana luotava kaupunkia varten kehys, jonka avulla voidaan varmistaa, että hankinnat noudattavat päämääriä.	Ohjeistus projektille muttei alustan vaatimus
O148	Tuotettava ohjeistukset, kuinka auditoida IoT-laitteiden tietoturvaluoli säännöllisesti -> liiketoimintaa.	Ei alustan vaatimus
O85	Vertican tietokannan huomioiminen osana toteutettavan ympäristön evaluointia.	Ei vaatimus
O86	IOTA:n huomioiminen osana arkkitehtuuria luomaan ekosysteemi kaupalliselle datalle (esim. M2M maksut ...)	Teknologiaehdotus
O100	Data mikä on järjestelmässä ei voi olla suoraan replikoitavissa muualle.	Mitä? Miksi?
O9	Anturien tulee olla asennettavissa rakentamisen aikana ja poistettavissa ennen käyttöönottoa	Ei alustan vaatimus
O10	Anturien tulee olla asennettavissa rakennukseen ja on oltava mahdollisuus jättää ne rakennukseen käyttöönoton jälkeen	Ei alustan vaatimus
O12	Anturien tulee voida toimia omalla akulla	Ei alustan vaatimus
O163	Huolehdittava, että kaupunki ei jää yksin hankkeen maksajaksi ja että myös tuloja on mahdollista saada.	Ei alustan vaatimus
T4	Datan omistajuus on hyvä sopia joka tasolla yksityiskohtaisesti. Lähtökohtaisesti tilaaja (kaupunki) omistaa tilaamansa tai hankkimansa datan	Tämä vaatimus koskee konkreettisen tiedon käyttöä – ei alustaa.
T5	Mikäli kaupunki tilaa (raaka)datasta tuotetun analyysin, kaupunki omistaa tällöin analyysin tulosdatan.	Tämä vaatimus koskee konkreettisen tiedon käyttöä – ei alustaa.

T6	Jos tilataan valmis sovelluskokonaisuus, jonka kohderyhmä on muu kuin kaupunki, kaupungille ei siirry omistajuutta kyseiseen lopputuotokseen.	Ei alustan vaatimus
T7	Kolmannen osapuolen tuottama data, sen hankkiminen ja/tai ostaminen ja hyödyntäminen on sovittava tapauskohtaisesti.	Ei alustan vaatimus
T11	Datan vaatimus; tulee olla saatavilla koneluettavassa muodossa	Triviaali
T21	Avoin data: Data on lähtökohtaisesti avointa, ellei se pidä sisällään esim. henkilötietoihin tai omistajuuteen liittyvää informaatiota.	Ei alustan vaatimus

4 Liitteet

CityIoT projektin Oulun työpajassa ja Webpropol-kyselyllä keräämät vaatimukset.

- O1 Alusta tulee voida ostaa pilvipalveluna
- O2 Alusta tulee voida ostaa omaan konesaliin
- O3 Alustan tulee olla laajennettavissa ja siihen tulee voida liittää antureita toimittajariippumattomasti hyvin dokumentoitujen, standardien ja yhdenmukaisten rajapintojen kautta.
- O4 Alustassa tulee olla standardoidut ja avoimet rajapinnat (esim. Socket, REST/JSON).
- O5 Alustan tulee säilöä x ajalta kerättyä tietoa, jonka jälkeen se voi poistaa tiedot
- O6 Alustalle tulee olla toiminnot, joilla pääkäyttäjä voi seurata kertyneen datan määrää yms. tilastotietoa
- O7 Alustalle tulee olla toiminnot, joilla pääkäyttäjä voi seurata antureiden tilaa sekä metatietojen, kuten missä anturit ovat yms. tietoa antureista
- O9 Anturien tulee olla asennettavissa rakentamisen aikana ja poistettavissa ennen käyttöönottoa
- O10 Anturien tulee olla asennettavissa rakennukseen ja on oltava mahdollisuus jättää ne rakennukseen käyttöönoton jälkeen
- O11 Antureiden tulee ilmoittaa omasta tilasta lot alustalle (ok, vikatila, akku heikko, yms.)
- O12 Anturien tulee voida toimia omalla akulla
- O13 Palvelun saatavuus tulee olla taattu (high availability)
- O14 Kehityksessä on huomioitava edge/mist arkkitehtuuri
- O15 Järjestelmässä on huomioitava tietoturva ja sen eri tasot, mukaan lukien riittävät turvaominaisuudet (security/privacy/dos). Pankkitason ssl-riittänee useimmissa tapauksissa.
- O16 Raakadata pitää voida tallentaa myöhempää käyttöä ja muita tarpeita varten (esim. strukturoimattoman datan käyttö, katkokset tiedonsiirrossa).
- O17 Ei ainoastaan REST rajapintoja, vaan myös luotettavia yhteyksiä NRT tarpeisiin
- O21 Avoin rajapinta datankeruulaitteisiin, jotta voidaan liittyä/käyttää olemassa olevia (teollisia) sensoreita, ohjauksia yms. järjestelmiä. Fyysisen tason (sensori/automaatio/ohjaus/mittaus (liittynyt perustuvat avoimiin teollisiin (defacto) standardeihin kuten: Jännite ja virtaviesti, rs232, rs485, -/ modbus /hdlc/can/profibus, can, ethernet, wifi, bluetooth, bt LE, 2G, 3G, 4G, -ip/tcp/udp, http/snmp/6loPan, - jne.
- O23 Sovellusriippumaton discovery. Järjestelmässä pitää olla riittävän hyvä discovery mekansimi yhteys katkosten ja automaattisen konfiguroinnin tekemiseksi.
- O25 Alustan tulee tukea erilaisia tiedonsiirtokanavia (HTTP, AMQP, MQTT jne.) ja olla näiden osalta laajennettava. Esim. ulkovalaistuksen kannalta data siirtyy tällä hetkellä pilveen 3G / GPRS tekniikalla ja esimerkiksi katuliikenteen seurannassa voi olla tarvetta raskaammalle tiedonsiirrolle, jolloin esimerkiksi LoRan kaltainen tekniikka ei sovellu tiedonsiirtoon. Tiedonsiirto pääosin jatkuvaa eli ei sleep tilassa. LoRan - kaltainen tiedonsiirto olisi hyvä olla myös, koska ratkaisu on edullinen jos tiedonsiirtotarpeet OK (vähäinen tiedonsiirto ja mahdollinen sleep tila).
- O26 Alustan tulee tukea erilaisia datan esitystapoja (JSON, XML, Apache Avro jne.) ja olla näiden osalta laajennettava.

- O27 Alustan tulee tukea datan keräämistä suoraan laitteilta sekä yhdyskäytävän kautta
- O28 Alustan tulee tarjota laitteiden identiteetinhallinta sekä laiterekisteri (tietovarasto, rajapinnat)
- O33 IOT laitteista data kerätään pilvitietokantaan, johon data tallettuu sekä historiatietona, että live datana. Näihin sitten pitäisi päästä helposti kiinni, esim REST rajapintaa hyväksikäyttäen tai esim. websocketin yli. Lisäksi pitäisi olla mahdollista ns. tilata muuttuvia tietoja, jolloin kysely-vastaus liikenne mahdollisesti olisi pienempi.
- O34 Alustan tulee mahdollistaa mahdollisimman reaaliaikainen datan välittäminen
- O35 Alustan tulee mahdollistaa koosteisen tiedon muodostaminen, eli joissakin tapauksissa voi olla hyödyllistä jättää yksittäiset mittaukset tallentamatta tai lähettämättä ylemmille kerroksille, ja tuottaa niistä ainoastaan koosteista tietoa
- O36 Alustan arkkitehtuurin on oltava selkeä, modulaarinen ja laajennettavissa oleva, joka sallii uusien järjestelmien helpon liitettävyyden elinkaaren aikana. Käytettävä selkeitä ja valikoituja sääntöjä erityisesti rajapintoihin ja käyttöliittymään.
- O37 Käyttöliittymien rakentamiseen selkeät ja yhtenäiset säännöt. Painopiste tavallisen ihmisen näkökulmassa: Helppokäyttöisyys ja selkeä käyttöliittymä sensorien/laitteiden/aktuaattorien kontrollointiin.
- O41 Tuki mahdollisimman monille standardeille
- O42 Helppo hallinta datan keräämiselle (device management, configuration management)
- O43 Eri lähteet pystyttävä tunnistamaan luotettavasti. On oltava yksiselitteinen tuki data lähteen tunnistukselle. Tietovarasto takaa että data on peräisin sieltä mistä sen sanotaan olevan
- O44 Alustassa on oltava yksinkertaiset liitokset ja datan aggregoinnit
- O45 Lisäarvoa jos mahdollista tukea alustassa konversioita eri standardeista toiseen tai itse määriteltyyn malliin
- O53 Alustan tulee määritellä sisäinen viestiformaatti, johon laiteviestit muunnetaan
- O54 Alustan tulee säilyttää laiteviestien alkuperäinen aikajärjestys
- O55 Alustan tulee käyttää standardeihin perustuvia tiedon esittämismuotoja, silloin kun se on mahdollista
- O58 Alustan tulee piilottaa esimerkiksi eri valmistajien laitteiden yksityiskohdat, ja esittää laitteiden tuottama tieto standardien tietomallien mukaisena
- O59 MyData-konsepti käyttöön, so. voi luoda oman profiilin ja antaa käyttöoikeuksia kokonaisuuksina, ja myöskin siirtää profiilin uusiin ympäristöihin, esim. muutto toiseen kaupunkiin.
- O62 Usein päivittyvälle datalle mahdollista rekisteröidä webhook (tai vastaava) päivityksille (vs. polling)
- O64 Ajantasainen data map tyyppityksineen kuvaamaan data settien sisältöä ja takaamaan ajantasaisen tiedon hakemisen.
- O66 API:n täytyy kehittyä alustan mukana ja niiden tulee mahdollistaa uusien sovellusten ja laitteiden lisääminen alustaan.
- O67 On oltava mahdollisuus sovittaa yhteen sensoridata ja vanhat tiedostomuotoiset historiat jotta voi tehdä vertailuja aikasarjassa ja näyttää trendejä.
- O68 Datan "korjaaminen" alustalla mahdollistettava, sensorit voivat esimerkiksi lähettää mittausarvoa väärässä/huonossa muodossa
- O69 Julkisen ja henkilökohtaisen datan ero oltava selvä, esim. kaupungin omistamat sensorit, joiden datan jako pitää voida päättää: kerätään vain omaan järjestelmään, jaetaan luotetuille kumppaneille tai avataan kaikille
- O70 Laitteiden ja järjestelmien liittäminen alustalle oltava helppoa myös isossa mittakaavassa ja ei-tekniisissä rooleissa: sensorin asentaja voi olla sähkömies kentällä jolla ei ole käytettävissä tietokonetta. Oltava selkeä rajapinta uusien laitteiden ja järjestelmien lisäämiseen.
- O71 Alustan on tuettava laajasti erityyppisiä sensoreita, eikä saa asettaa sensoreille rajaavia vaatimuksia kuten, että sensorin pitää tukea vain jotain tiettyä protokollaa. Myös sensorien legacy versioiden tuki on oltava (esim. 4-20mA signaalit ja niiden tulkitseminen mittausarvoksi).
- O73 Sovelluspäässä tarvitaan kaksisuuntainen, hyvin dokumentoitu API jolle on olemassa SDK ja koodimallit
- O74 Alustan tulee tarjota viestiväylä, johon työkalut voivat integroitua
- O75 Alustan tulee tarjota tietovarasto, johon työkalut voivat integroitua
- O76 Alustan tulee tarjota tietovarastoon liittyvät hakurajapinnat
- O77 Alustan tulee tarjota ajoympäristö, joka mahdollistaa erilaisten datavirtaprosessoreiden (stream data processing) käytön
- O79 Algoritmien helppo lisääminen ja muokkaaminen oltava helppoa

- O80 On tarjottava laajat mahdollisuudet datan visualisoinnille.
- O81 Kaupalliset/olemassa olevat ratkaisut huomioitava alustaa suunnitellessa. Voidaanko jotain olemassa olevaa ratkaisua hyödyntää.
- O82 Täytyy pystyä hyödyntämään Open Source ja kaupallisia ratkaisuita rinnakkain
- O84 Suuri lisäarvo notifikaatioon pohjautuvilla rajapinnoilla sekä Data as a Service tyyllisellä alustalla joka tukisi käyttötapauksia tarjoamalla valmiiksi analysoidun tiedon lähellä datan alkuperäistä lähdettä. Tämä toki asettaa lisävaatimuksia datan säilömiselle, sillä poistaakseen tarpeen itse varastoida dataa, pitää sitä olla tarjolla riittävän pitkältä ajalta taaksepäin.
- O85 Vertican tietokannan huomioiminen osana toteutettavan ympäristön evaluointia. Evaluoinnissa toivoisin kiinnitettävän huomiota seuraaviin asioihin: nykyiset (I)IoT referenssit ja niiden soveltuvuus referenssitoteutuksessa, toteutettu Apache Kafka integraatio (tieto siirtyy jonosta tietokannan tauluun), suorituskyky, hinnoittelu ja lisenssintimallit sekä tietokannan analyttiset ominaisuudet jotka yksinkertaistavat tarvittavaa infraa sekä mahdollistavat useita eri käyttötapauksia datan jalostuksessa.
- O86 IOTA:n huomioiminen osana arkkitehtuuria luomaan ekosysteemi kaupalliselle datalle (esim. M2M maksut ja järjestelmien suorat tietovirrat voisivat hyödyntää ed. main. Järjestelmää).
- O89 Alustan tulee tarjota palvelurajapinta, josta voi selvittää millaista dataa on tarjolla ja onko esimerkiksi jollain alueella sensoreita
- O89 Alustan tulisi tarjota mahdollisimman valmista dataa kaupunkitietomallille ja simulaatioihin (erityisesti CityGML ja netCDF)
- O92 Alustan tulee tarjota rajapinta olemassa olevien mittaus/säätö/ohjaus laitteiden ohjaamiseen uusilla (hajautetuilla) sovelluksilla. Esim. jos jokin IoT laite on sellainen että sitä voi komentaa toiseen suuntaan, niin siihen myös selkeä REST rajapinta, jolla voi esim. web kameran ottaa ohjaukseen tietyn ajaksi ja kertoa sille että mihin suuntaan sitä käännetään.
- O94 Alustan komponenteissa tulee mahdollisuuksien mukaan hyödyntää olemassa olevia avoimen lähdekoodin teknisiä ratkaisuita (esim. Apache Kafka)
- O95 Yhteensovitus MATTI - järjestelmän, C2 Smartlighth Oy järjestelmän ja Lumine Lighting Solutions Oy järjestelmän kanssa.
- O99 Alustan pitää tukea datan anonymisointia ja kontrollia sen suhteen että henkilöityvä data on kyseisen tahon hallinnassa.
- O100 Data mikä on järjestelmässä ei voi olla suoraan replikoitavissa muualle.
- O101 Turvallisuusmielessä järjestelmän pitää olla varmistettu ja testattu tietoturvan näkökulmasta. Ulkopuolinen auditointi ja testaus.
- O104 GDPR yhteensopiva. Tietosuoja oltava huomioitu, eikä henkilötietojen suoja ole uhattuna.
- O105 Tarjottava selkeät lisenssintimallit datan käytölle.
- O106 Kaupunkien avoimella IoT alustalla tulisi olla mahdollisuus ottaa vastaan myös kansalaisten tuottamaa dataa (crowdsourcing, smart home)
- O107 Tarjottava mahdollisuus siihen, ettei kaikkea dataa anonymisoida. Kaiken datan anonymisointi pilaa kaupallisia mahdollisuuksia sekä mahdollisuuksia hyödyntää sensoreita esim. automaation osana
- O108 Tietoturvan erillaiset tasot on huomioitava. Turvallisuus/yksityisyys/dos-hyökkäysten torjuminen on erittäin tärkeää, mutta riippuu sovelluksesta. (Esim Kuopion torin lämpötilaa ei välttämättä tarvitse kryptata, mutta rahan siirtoon liittyvät asiat pitää suojata hyvinkin tarkkaan). Näissä aiheissa kannattaa käyttää olemassa olevia laajasti käytettyjä menetelmiä (kuten ssl) ja niiden osalta järjestelmä pitää pystyä päivittämään silloin niistä löytyy turvallisuus puutteita.
- O110 Käytettäessä GDPR alaista tietoa, tulee alustan tarjota myös tarvittavat GDPR-prosessit
- O111 Alustan tulee mahdollistaa esimerkiksi käyttöoikeuslistapohjainen (ACL) mekanismi tiedon käytön rajoittamiseen
- O112 Täytyy olla sertifioitu kokonaisuutena (tietoliikenne, 128 bittinen salaus, nettisivut suojattu kuten pankit) SSL / API.
- O114 Rekisteröityessä käyttäjät rekisteröivät itsensä ja saavat ns. APPID:n palveluille (voi olla useampikin) ja kun sillä ns. käynnistetään palvelu, jolloin saadaan takaisin väliaikainen TOKEN jolla voidaan kyselyjä tehdä. TOKEN on hengissä tietyn ajan, jolloin ns. login pitää tehdä uudestaan.
- O115 Liikenne HTTPS:n tai salatun websocket yhteyden kautta, sekä REST rajapinnassa data kirjoitetaan body:yn, eikä suoraan HTTPS GET ... rimpsuun. Tällöin lähetetty data on kryptattu eikä sitä (kovin helposti) saa avattua katsomalla verkkoliikenteen seurantasovelluksilla.
- O116 Datatalletus tulisi tapahtua serverille Oulussa (ei amazoniin eikä googleen, eikä microsoftille, eikä ibm:lle).

- O118 Liiketoimintamielessä pitää erityisesti huomioida että käyttäjinä tulee olemaan myös ns kolmannen sektorin tahoja, pieniä ja alkavia yrityksiä.
- O119 Osa palveluista voi olla täysin free of charge ja osa sitten kaupallisia. tämä tulee olla huomioitu heti alusta.
- O120 Selkeät käyttöehdot
- O122 Kaupallisen datan yksinkertainen lisenssointi
- O124 Taattava riittävän pieni latenssi tiedonsiirrolle
- O126 Mahdollistettava kerätyn datan kaupallistaminen kanavassa
- O127 Tulisi olla mahdollisuuksia hyödyntää sekä dataa kokonaisuutena että yksittäisen sensorin dataa esim. automaatioon
- O128 Tulisi tarjota työkalut kansalaisten henkilökohtaisen sensoridatan luvitukseen
- O129 Oltava mahdollisimman helppo kokeilla omia datapalveluja kaupungin tarjoamien datalähteiden päällä
- O130 Seuraava liiketoimintamalli on mahdollinen: IoT laitteiden asennus, huolto ja ylläpito. (useita rinnakkaisia toimialueita) -IoT access pointit, jolloin laitteet liitetään IoT verkkoon, -3nen osapuolen kaupalliset päätelaitteet -mittaelimet, säätölaitteet, jne..
- O131 Seuraava liiketoimintamalli on mahdollinen: IoT laitteiden kehitys/valmistus/huolto/ylläpito. - yleiskäyttöisiä, muutamia eri versiota, joiden voluumi pudottaa hintaa ja helpottaa ylläpitoa ja huoltoa
- O132 Seuraava liiketoimintamalli on mahdollinen: sovellus alustojen kehitys ja ylläpito. -useita rinnakkaisia toimialueita, -voivat hyödyntää eri toimialueiden fyysisiä laitteita ja palveluita (energia, ympäristö, liikenne, käytettävissä olevat resurssit)
- O133 Seuraava liiketoimintamalli on mahdollinen: sovellusalustojen ylläpito 24/7 support (pilvipalvelut). - yleiskäyttöisiä, muutamia erityyppisiä palveluja.
- O134 Seuraava liiketoimintamalli on mahdollinen: datalouhinta+suoramainonta+suoravaikutus. google/venäjä tyyliin. -haluttaessa voidaan käyttää järjestelmän rahoitukseen.
- O135 Alustan tulee määritellä ei-toiminnalliset vaatimukset liittyen sen suorituskykyyn ja saatavuuteen
- O136 Alusta tulisi olla toimittajavapaa ja sen hyödyntäminen tulisi olla ilmaista tai tämä tulisi aina ottaa huomioon määrittelyissä (tilaaja vaatii tiettyä rajapintaa City IoT:n osalta).
- O137 Avoimia rajapintoja (APIt) oltava tarjolla, jota liiketoiminnallinen hyödynnettävyys taataan
- O138 Suurin osa REST api palveluista mielellään ilmaista, mutta riippuen datan määrästä jonkinlainen maksu yrityksille ok
- O139 Tarjottava kaikki kaupungin palvelut alustan kautta hyödynnettäväksi.
- O140 Tarjottava saumaton integraatio yksityisiin alustoihin. Tuo todellisen hyödyn asukkaille.
- O142 Alustan on oltava riittävän dynaaminen muuttuviin liiketoiminnan tarpeisiin ja ympäristön muutoksiin
- O145 Optimoitava paras paikka laskennalle ja analyyseille (sensori/edge/GW/cloud/tms.)
- O146 Datamallien oltava laajasti käytössä olevia industry standardeja ja datamalleja
- O147 Utilize document databases instead of relational databases
- O148 Kaiken hankkeessa tuotetun datan tulee olla avointa.
- O149 Kiinteistön omistajalla täytyisi olla mahdollisuus päästä dataan käsiksi suljetuissakin järjestelmissä.
- O150 Data täytyy pystyä käsittelemään paikan päällä.
- O151 Turvallisuuspuoli täytyy huomioida. Esim. tapahtumien järjestämisen yhteydessä tapahtumien turvallisuus: voiko avoin data vaarantaa tapahtuman turvallisuuden?
- O153 Kaupungin asetettava alustan avoimuus ehdoksi kilpailutuksessa
- O155 Täytyy välttää legacy-laitteiden ehdoilla toimiminen: niiden ei saa antaa rajoittaa päätöksentekoa
- O156 Uusissa rakennushankkeissa varmistettava, että toimitaan hankkeen asettamien päämäärien mukaisesti
- O157 Hankkeen aikana luotava kaupunkia varten kehys, jonka avulla voidaan varmistaa, että hankinnat noudattavat päämääriä.
- O158 Tuotettava ohjeistukset, kuinka auditoida IoT-laitteiden tietoturvaluoli säännöllisesti -> liiketoimintaa.
- O160 Avoimen lähdekoodin ohjelmistoja suosittava, jotta kuka tahansa voi auditoida järjestelmien tietoturvan.
- O161 Mahdolliset sensorilaitteisiin asennetut haittaohjelmat pitäisi pystyä tunnistamaan kalibrointivirheistä
- O163 Huolehdittava, että kaupunki ei jää yksin hankkeen maksajaksi ja että myös tuloja on mahdollista saada.
- O165 Well structured and documented open environment must be provided.
- O166 Personal data must be removed on request.
- O167 Alustan oltava muutettavissa helposti uusien ideoiden mukaiseksi.

O168 Sähköautojen latauksessa tulee olla oma rajapinta. Esim. Open Charge Point Protocol (OCPP)?
Huomioitava sähköautolatausalan toimijat (Virta., Parkkisähkö Oy, Fortum jne.)?

Tampereen SmartCity-projektista kerätyt vaartumukset.

- T1 Datan sisällöstä kertova metadata on sisällytettävä, liitettävä ja ylläpidettävä liittyen kaikkiin datalähteisiin
- T2 Data formaatin tulee perustua laajasti hyväksi todettuihin standardeihin.
- T3 Datan omistajuus on hyvä sopia joka tasolla yksityiskohtaisesti.
- T4 Datan omistajuus on hyvä sopia joka tasolla yksityiskohtaisesti. Lähtökohtaisesti tilaaja (kaupunki) omistaa tilaamansa tai hankkimansa datan
- T5 Mikäli kaupunki tilaa (raaka)datasta tuotetun analyysin, kaupunki omistaa tällöin analyysin tulosdatan.
- T6 Jos tilataan valmis sovelluskokonaisuus, jonka kohderyhmä on muu kuin kaupunki, kaupungille ei siirry omistajuutta kyseiseen lopputuotokseen.
- T7 Kolmannen osapuolen tuottama data, sen hankkiminen ja/tai ostaminen ja hyödyntäminen on sovittava tapauskohtaisesti.
- T8 Fyysisesti datan tulee sijaita EU:n alueella. Kuitenkin, jos data sisältää henkilötietolain mukaisia arkaluonteisia henkilötietoja, data pitää säilyttää Suomessa.
- T9 Toimijakohtaisesti saattaa myös olla vaatimuksia datan sijainnin suhteen.
- T10 Metadataa tulee olla hallittuna keskitetystä paikasta.
- T11 Datan vaatimus; tulee olla saatavilla koneluettavassa muodossa
- T12 "Datan vaatimus; noudattaa tai tukeutuu formaatillaan yleisesti käytössä oleviin standardeihin/rajapintoihin (esim. JSON, JSON-LD, CSV, HDF5, REST, MQTT,..) ja tulee olla hyödynnettävissä näiden avulla "
- T13 "Datan vaatimus; tulee olla käyttötarkoitukseensa nähden riittävällä tarkkuudella ylläpidetty (desimaalit, aikaleima, sijainnin koordinaattipisteet jne.)"
- T14 Datan vaatimus; tulee sisältää menetelmän havaita puuttuva, puutteellinen tai virheellinen havainto ja käynnistää tästä johtuvat tarpeelliset toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi ja/tai ko. virheellisen tiedon käytön ehkäisemiseksi
- T15 "Datan vaatimus; tulee tarvittaessa pystyä salaamaan ja/tai muutoin varmistamaan datan muuttumattomuus lähteestä loppukäyttöön (datan eheyden varmistaminen) "
- T16 Metadatan vaatimus; tulee olla saatavilla koneluettavassa muodossa
- T17 Metadatan vaatimus; tulee yleisellä tasolla kertoa, mihin data on tarkoitettu ja/tai mihin data ei ole tarkoitettu
- T18 Metadatan vaatimus; tulee sisältää datan perustiedot, kuten
- datan alkuperä (mistä data on lähtöisin), tunnistelaitteesta, sijainnista jne.
 - mittaustapa
 - formaatti
 - yksikkö
 - vaihteluväli
 - kalibrointitilastus (tarkkuus, aikaleima)
 - kuvaus aikaleimasta (mm. formaatti, tarkkuus, synkronointi järjestelmän muihin liittyviin kelloihin, aikavyöhyke, kesä/talviaika)
 - puuttuvan, virheellisen, tms. arvon merkintä (datan eheyden varmistaminen)
 - onko data jo normalisoitu, keskiarvoistettu tai muutoin jalostettu, ja jos niin miten
- T19 Lisäksi tulee ottaa huomioon ja ratkaista, miten esim. eri valmistajien laitteet (tai laitteiden eri versiot) tai muut datalähteet ovat tarkkuudeltaan tai muilta ominaisuuksiltaan verrannollisia tai yhteneväisiä.
- T20 "Datalähteiden kohdalla on yleensäkin huomioitava datan siirtomäärät, siirtofrekvenssit, streaming-tarve jne. valittaessa siihen sopivaa teknistä ratkaisua."
- T21 "Avoin data: Data on lähtökohtaisesti avointa, ellei se pidä sisällään esim. henkilötietoihin tai omistajuuteen liittyvää informaatiota."
- T22 "Avoin data: voin data on mahdollista jakaa yksityisille, organisaatioille, yrityksille tai yhteistyökumppaneille. "
- T23 Puoliavoin data: Data voidaan luovuttaa esim. yhteistyökumppaneille tai toisille julkisille organisaatioille erillisen sopimuksen tai lupakäsittelyn mukaan ja tähän menettelyyn voi liittyä hinnoittelua.

- T24 Suljettu data: Data on ainoastaan kaupungin omistamaa ja sitä ei luovuteta ulkopuolisille.
- T25 Suljettu data: Data voidaan luovuttaa ainoastaan NDA:n allekirjoituksella tai siten, että sensitiivinen osa datasta anonymisoidaan. Anonymisoinnin jälkeen sitä voidaan käsitellä kuten puoliavoiminta tai avointa dataa. Tähän datamuotoon voi myös liittyä hinnoittelua.
- T26 Datan jakaminen tulee tapahtua tunnistettavasti, niin että käyttäjä pääsee näkemään ja hyödyntämään vain sitä dataa mikä hänelle annettu.
- T27 Järjestelmän tulee kerätä lokia käyttäjistä ja muutoksista, josta ilmenee kuka dataa on avannut, käsitellyt, käyttänyt, muuttanut jne. Suljetun datan suhteen tämä on pakollista. Muiden datalähteiden osalta tämä on toivottavaa, esim. datan käyttömäärien seuraamiseksi.
- T28 Logitiedostosta pitää pystyä näkemään käyttäjän tiedot ja aikaleima.
- T29 Datan elinkaari ja käyttö perustuu erilaisiin tarpeisiin, jolloin myös elinkaaren eri vaiheissa tarve voi vaihdella hyvin paljon eri datalähteiden osalta.
- T30 "Datan elinkaaren eri vaiheita pitää pystyä hallitsemaan määrittelemälle erikseen jonkinlainen jako datan säilytysajalle ja -välille, datalähdekohtaisesti, "aktiiviselle datalle" ja "historiadatalle". "Aktiivinen data" voi olla dataa, jota käytetään palvelun varsinaisen tarkoituksen mahdollistamiseen, esim. analyysit, mittarit, jne. "Historia data" voi olla dataa, jota ei enää käytetä samalla frekvenssillä kuin aktiivista data, mutta on säilytettävä sillä tarkkuudella, joka mahdollistaa esim. trendianalyysin pidemmältä aikaväliltä (vuosia). Tällöin on mahdollista muuntaa data summataks dataksi ja säilyttää nämä tunnusluvut trendien ja historiatapahtumien seuraamiseksi ja analysoimiseksi."
- T31 "Data ja siihen liittyvät rajapinnat tulee olla ylläpidetty ja saatavilla riittävän pitkään (historiadata vähintään useita vuosia), jotta datan hyödyntäjät voivat rakentaa ja ylläpitää siihen liittyvää liiketoimintaa."
- T32 Lisäksi tarkemmin on syytä sopia, miten virhe-, vika- tai hajoamistilanteissa (anturi, sensori tms.) menetellään ja minkälaista palvelutasoa (SLA) noudatetaan.
- T33 Tiedon käyttö; Analytiikalla tulee olla kyky liittyä tässä dokumentissa määriteltyjen kaltaisiin tietolähteisiin.
- T34 Keskeistä on tarjota sensoreiden valmistajille avoimet rajapinnat ja toimivat työkalut CityIoT yhteensopivien tuotteiden kehittämiseen ja testaamiseen.
- T35 "Sensoreiden luokitus; Kyvykkäät, rajoittamattomat sensorit kykenevät lähettämään dataa suoraan tietojärjestelmään. Rajoittuneet sensorit tarvitsevat erillisen IoT yhdyskäytävä palvelimen väliin täyttämään CityIoT yhteensopivuuden asettamat vaatimukset."
- T36 "IoT Yhdyskäytävä (Gateway) hoitaa eri protokollia käyttävien verkkojen välistä liikennettä. Yhdyskäytävä on vastuussa protokollan kääntämisestä ja muista yhteentoimivuus vaatimuksista. IoT-yhdyskäytävä laitetta käytetään yleensä laitteiden ja pilven välisen yhteyden sovittamiseen. Koska jotkin laitteet eivät sisällä verkkoyhteyttä Internet-yhteyden kannalta, yhdyskäytävä laite toimii välityspalvelimena, vastaanottaa tietoja laitteista ja pakkaa sen TCP / IP: n kautta."
- T37 "IoT Yhdyskäytävä; Erityinen yhdyskäytävä laite saattaa olla vaatimus, jos IoT laitteissa on seuraavanlaisia rajoitteita:
- Ei suoria yhteyksiä Internetiin, esimerkiksi Bluetooth-laitteista.
 - Ei tietoturva kyvykkyyttä. (esim. TLS) varten tarvittavaa käsittely kykyä, eikä tällöin voi olla yhteydessä Smart City API: iin.
 - Ei kyvykkyyttä laitehallinnan vaatimuksille."
- T38 IoT Yhdyskäytävä; Tämä dokumentti ei aseta vaatimuksia rajoitteisten sensoreiden ja IoT gateway:n sisäisen rajapinnan toteutukseen. Kuitenkin asettaa vaatimukset IoT Gateway:n ulkoiseen CityIoT rajapintaan.
- T39 Rajapinnan dataformaatti; Pitkän aikavälin IoT investointina valinnoissa tulisi suosia REST-sovellusliittymien ja data mallien standardoituja ratkaisuja. Tämä kannustaa myös IoT-laitteiden ja järjestelmien valmistajia noudattamaan näitä avoimia standardeja (esim. ETSI, IETF, GSMA, OMA jne.).
- T40 Rajapinnan dataformaatti; Lisäksi vahvoihin ja elinvoimaisiin määrittely yhteisöihin kannattaa nojoutua. Nämä globaalit yhteisöt ovat kyenneet onnistuneesti luomaan IoT alustoille soveltuvia malleja, kuten esimerkiksi Fiware.
- T41 "CityIoT -malli; GSMA:n toteutus määrittelyt kuvaavat hyvin tarkalla tasolla sen, että miten IoT sensorit liitetään tietojärjestelmään. Tämä valmis ja laajasti hyväksytty dokumentti olisi hyvänä apuna myös CityIoT -mallin määrittelyssä, jossa on tavoitteena luoda yhdenmukaiset tietomallit. GSMA IoT Big Data Harmonised Data Model määrittely sisältää suoraan hyödynnettävän toteutus määrittelyksen,

joka jo lähes sellaisenaan sopisi referenssiksi myös CityIoT projektissa. Lisäksi kehittäjien tueksi GSMA on julkaissut API kirjaston ja avoimen lähdekoodin toteutus esimerkkejä GitHub:issa."

- T42 IoT laitehallinta; Monimutkaisten IoT laitteiden hallinnan ja järjestelmien integroinnin yksinkertaistamiseksi Fiware on kehittänyt Device Management mallin . Se kerää tietoja laitteista, jotka käyttävät heterogeenisiä protokollia ja muuntaa ne standardiin muotoon: NGSI-kokonaisuuksiin (jolloin myös komennot voidaan lähettää laitteille).
- T43 "IoT laitteen rekisteröinti; Laitteiden hallintaan tulisi rakentaa keskitetty järjestelmä ja IoT laitteiden hallinnalle erillinen API rajapinta helpottamaan sujuvaa integrointi ja ylläpito työtä. OMA LwM2M tarjoaa standardin IoT laitteiden rekisteröinnille.
- Autentikointi (Salausavaimet)
 - Laitteen identifiointi (ID, topologinen liitännäisyys, staattinen paikkatieto?)
 - Toimittaja, versio
 - Laitetyyppi
 - Yhteyden elinkaari (yhteyden muodostus sykli)
 - yms.. "kertoa sille että mihin suuntaan sitä käännetään.