

Topi Hartonen

DATAEKOSYSTEEMIT JA DATA-AVARUUDET

Maatilojen energian käytön ja tuottamisen
optimointi DAME-hankkeen pilotissa

Opinnäytetyö

Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto

Tietojenkäsittelyn koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Tradenomi (AMK)
Tekijä	Topi Hartonen
Työn nimi	Dataekosysteemit ja data-avaruuDET – Maatilojen energian käytön ja tuottamisen optimointi DAME-hankkeen pilotissa
Toimeksiantaja	Xamk Digitalia DAME-hanke
Vuosi	2025
Sivut	35 sivua
Työn ohjaaja	Jukka Selin

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa toimeksiantajalle DAME-hankkeen maatalouteen liittyvään data-avaruuskokeiluun koodikomponentteja pörssisähkön hintaennusteiden hakemiseen, käsittelyyn ja Context Brokerille kontekstitiedon vientiin. Komponentit toteutettiin omassa virtuaaliympäristössä, josta ne yhdistetään myöhemmin yhteiseen kehitysympäristöön. Tavoitteena oli kehittää energiantuotannon ja -käytön optimointia maatilaympäristössä sekä kehittää dataperusteista järjestelmää tämän tueksi. Dataperusteisen järjestelmän avulla pyrittiin vähentämään energian käyttöön liittyviä kustannuksia maatioilla.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään dataekosysteemien perusteita, kasvanutta datan merkitystä organisaatioille sekä dataekosysteemien yleisimpiä käyttötapauksia. Teoriaosuudessa käsitellään myös data-avaruuksia, niiden perusteita, kehitysvaiheita sekä kansallisia ja kansainvälisiä data-avaruustoimijoita. Tarkemmin näistä toimijoista kuvataan FIWARE:a, koska heidän kehittämänsä teknologiaa hyödynnetään opinnäytetyön käytännön toteutuksessa.

Käytännön osuudessa tuodaan esille toimeksiantaja sekä kuvataan tarkemmin hankkeeseen liittyvää maatalouden kokeilua, koska toteutettavat koodikomponentit liittyvät tähän pilottiin. Toteutuksessa käytettiin ohjelmointikielenä Pythonia sekä FIWARE:n tarjoamia komponentteja. Toteutuksessa käytetyt tekniikat, kuten asennukset, kontin pystytys, tarvittavat kirjastot sekä koodi, kuvataan myös tässä osuudessa. Käytännön toteutuksen aikana toteutettiin toimeksiantajalle koodikomponentit pörssisähkön hintaennusteiden hakemiseen, käsittelyyn ja Context Brokerille kontekstitiedon vientiin.

Opinnäytetyön johtopäätökset esitellään viimeisessä luvussa ja niistä voidaan todeta, että datan merkitys ja dataekosysteemien sekä data-avaruuksien rooli on kasvanut liiketoiminnassa ja niihin liittyy useita eri käyttötapauksia, vaiheita sekä toimijoita. Toimeksiantajan toteuttama maatalouden kokeilu edistää maatilojen energian käytön ja tuottamisen optimointia sekä kustannusten hillintää. Jatkokehitysehdotukset ja askeleet on kuvattu tarkemmin päätännössä.

Asiasanat: Context Broker, data, dataekosysteemit, data-avaruuDET, energia, FIWARE, maatalous, ohjelmointi, opinnäytetyö, Python, tutkimus ja kehitys

Degree title	Bachelor of Business Administration
Author	Topi Hartonen
Thesis title	Data ecosystems and data spaces – Optimization of energy use and production on farms in the DAME project pilot
Commissioned by	Xamk Digitalia DAME project
Time	2025
Pages	35 pages
Supervisor	Jukka Selin

ABSTRACT

The aim of the thesis was to develop code components for the commissioner as part of the DAME project's agricultural data space pilot, focusing on retrieving and processing electricity market price forecasts and transferring contextual information to the Context Broker. The components were developed in a separate virtual environment and will later be integrated into a shared development environment. The goal was to improve the optimization of energy production and consumption in a farm setting and to develop a data-driven system to support this effort. The data-driven system aims to reduce energy-related costs on farms.

The theoretical part of the thesis discusses the basics of data ecosystems, the growing importance of data for organizations, and the most common use cases for data ecosystems. It also covers the concept of data spaces, their basics, stages of development, and national and international data space actors. FIWARE is described in more detail, as its technology was used in the practical implementation of the thesis.

The practical part introduces the commissioner and provides a more detailed description of the agricultural pilot associated with the project, as the implemented code components are related to this pilot. Python was used as the programming language, along with components provided by FIWARE. The techniques used in the implementation, such as installations, container setup, required libraries, and code are also described in this section. During the practical implementation, code components were created for the commissioner to retrieve and process electricity market price forecasts and to transfer contextual data to the Context Broker.

The final chapter presents the conclusions of the thesis, which show that the importance of data, as well as the role of data ecosystems and data spaces, has grown in business. They involve various use cases, stages, and actors. The agricultural pilot carried out by the commissioner improves the optimization of energy use and production on farms, as well as cost control. Suggestions for further development and the next steps are described in more detail in the conclusion.

Keywords: agriculture, Context Broker, data, data-ecosystems, dataspace, energy, FIWARE, programming, Python, research and development, thesis

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	DATAEKOSYSTEEMIT	6
2.1	Dataekosysteemien perusteet	6
2.2	Datan merkitys organisaatioille	8
2.3	Dataekosysteemien yleisimmät käyttötapaukset	9
3	DATA-AVARUUDET	10
3.1	Data-avaruuksien perusteet.....	10
3.2	Kehitysvaiheet	13
3.3	Data-avaruustoimijat.....	15
3.4	FIWARE.....	18
4	DATA-AVARUUKSIEN KEHITTÄMINEN DAME-HANKKEEN PILOTEISSA.....	21
4.1	DAME-hanke	21
4.2	Maatalouspilotti.....	22
4.3	Käytännön toteutus.....	23
5	PÄÄTÄNTÖ	31
	LÄHTEET.....	33

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on dataekosysteemit ja data-avaruudet sekä maatalojen energian käytön ja tuottamisen optimointi DAME-hankkeen pilotissa. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun tutkimusyksikkö Digitalian DAME-hanke. DAME-hankkeen tarkoituksena on edistää datataloutta Etelä-Savon alueella ja sen juuret pohjautuvat Euroopan datastrategiaan. Euroopan datastrategialla tavoitellaan datatalouden edistämistä dataa paremmin hyödyntämällä sekä jakamalla. On arvioitu, että vuonna 2025 datatalouden arvo EU:ssa tulisi olemaan noin 829 miljardia euroa. Yhteisten ja yhteentoimivien data-avaruuksien kehittäminen on yksi osa Euroopan datastrategiaa. (Euroopan datastrategia s.a.)

Eurooppalainen datastrategia pyrkii luomaan yksittäisen markkinan datalle, joka turvaa Euroopan globaalin kilpailukyvyn ja datasuvereniteetin. Strategialla pyritään varmistamaan datan siirtoa Euroopan unionin sisällä eri sektorien välillä eurooppalaisia arvoja ja sääntöjä noudattaen. Lisäksi sen avulla pyritään varmistamaan saatavilla olevan korkealaatuisen datan luominen ja innovointi. Korkean arvon datajoukkoja löytyy usealta sektorilta esimerkiksi terveyspalveluissa, teollisuudessa ja valmistuksessa, maataloudessa, kulttuurissa, liikenteessä, vihreässä taloudessa, turvallisuudessa, julkisessa hallinnossa sekä mediassa. (Curry ym. 2022, 7–8.) Euroopan datatalouskehityksen haasteisiin kuuluu yhteistyön ja luottamuksen lisääminen sekä yhteensopivien järjestelmien kehittäminen. Datan liiketoimintamahdollisuuksien hyödyntäminen ja datan jakaminen eri toimijoiden ja sektorien välillä on Euroopassa vielä alkuvaiheessa. (Sitra s.a.)

Tässä opinnäytetyössä osallistutaan toimeksiantajan toteuttamaan maatalouspilottiin osana muuta hanketiimiä. Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa toimeksiantajalle maatalouteen liittyvään data-avaruuskokeiluun koodikomponentteja pörssisähkön hintaennusteiden hakemiseen, käsittelyyn ja Context Brokerille kontekstitiedon vientiin. Pilotin tavoitteena on kehittää energiantuotannon ja -käytön optimointia maatilaympäristöissä sekä kehittää dataperusteista järjestelmää tämän tueksi. Kehittämistä tullaan jatkamaan tämän opinnäytetyön jälkeen toimeksiantajalla.

Kehittämisingelmana on liittää sähkövatkain web app:sta pörssisähkön hintaennustukset Orion-LD Context Brokeriin. Sähkövatkaimessa käytetään koneoppimismallia ennusteiden tekemiseen ja nämä hintaennusteet on mahdollista saada viikoksi eteenpäin. Toteutuksessa käytetään Python-ohjelmointikieltä sekä FIWARE:n tarjoamia komponentteja ja kehitystyö tehdään virtuaaliympäristössä.

Teoriaosuudessa käsitellään dataekosysteemien perusteita, datan merkitystä organisaatioille ja dataekosysteemien yleisiä käyttötapauksia. Teoriaosuudessa käsitellään myös data-avaruuksien perusteita, niiden kehitysvaiheita sekä kansainvälisiä ja kotimaisia data-avaruustoimijoita. Data-avaruudet mahdollistavat datan liiketoiminnallisen lisäarvon kasvattamisen sekä tarjoavat alustan datan jakamiselle. Koska dataekosysteemit ja data-avaruudet ovat molemmat laajoja aihealueita, tässä opinnäytetyössä ei tulla esittelemään kaikkea niihin kuuluvia käsitteitä ja osa-alueita.

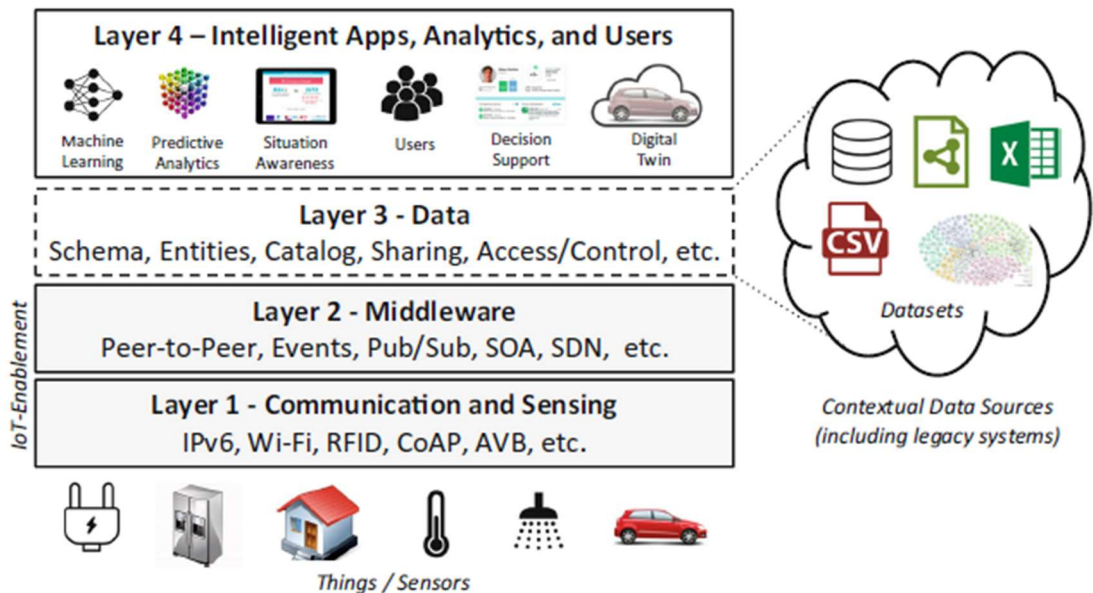
2 DATAEKOSYSTEEMIT

Tässä luvussa käsitellään dataekosysteemien perusteita ja tarkoitusta, datan merkitystä organisaatioiden tai yrityksen liiketoiminnassa sekä mitä kyvykkyyksiä ne tarvitsevat dataekosysteemiin liittymiseen. Lisäksi luvussa esitellään dataekosysteemien yleisimpiä käyttötapauksia.

2.1 Dataekosysteemien perusteet

Dataekosysteemi on sosiotekninen järjestelmä, joka mahdollistaa arvon luomisen data-arvoketjuista, jotka ovat vuorovaikutuksessa organisaatioiden ja yksilöiden kanssa (Curry ym. 2022, 23). Data-arvoketju viittaa prosessiin, jonka aikana data on luotu ja mihin asti se on kerätty. Kerääminen, jakaminen, vaihtaminen, prosessoiminen, säilöminen, analysoiminen, päätöksenteko ja toimet sisältyvät tähän prosessiin. Jokaisen askeleen aikana dataan sisältyy arvoa, joka muuttaa sen arvokkaiksi näkemyksiksi, ehdotuksiksi tai toimiksi. (DSSC 2023b.) Datan arvoketjut voidaan suunnata liiketoiminnallisiin ja yhteiskunnallisiin tarkoituksiin ekosysteemin sisällä (Curry ym. 2022, 23).

Ekosysteemi voi luoda kilpailua tai mahdollistaa yhteistyötä monipuolisten osallistujien kesken, jotka ovat riippuvaisia toisistaan yhteisen hyödyn saavuttamiseksi. Dataekosysteemejä voidaan muodostaa organisaatioiden, teknologia-alustojen tai eri sektorien välille. Hyvin toimivan dataekosysteemin on tuotava yhteen keskeiset sidosryhmät ja luotava hyötyä kaikille osallistujille. Dataekosysteemissä päätekijät koostuvat muun muassa datan tarjoajista ja kuluttajista, teknologian ja infrastruktuurin tarjoajista, datan loppukäyttäjistä, markkinoista, sääntelijöistä ja standardointielimistä. (Curry ym. 2022, 23.) Kuvassa 1 on esitelty dataekosysteemien IoT-pohjaisten äly-ympäristöjen rakennetta ja kontekstuaalisia datalähteitä.



Kuva 1. Nelikerroksinen rakenne älyjärjestelmien dataekosysteemien IoT-pohjaisille äly-ympäristöille (Curry ym. 2020, 8)

Digitaalinen murros luo tarvetta dataekosysteemeille laaja-alaisesti ympäri maailman kuten kuvassa 1 näkyy. Äly-ympäristö mahdollistaa IoT-datan ja kontekstuaalisten tietolähteiden käytön tietorikkaissa ekosysteemeissä. Älykaupungit osoittavat esimerkillisesti, kuinka kaupungin eri järjestelmät voivat yhdessä mahdollistaa operatiivista tehokkuutta keskenään. (Curry ym. 2020, 7–8.)

Datan jakaminen ja vaihtaminen on ollut välttämätön dataekosysteemien mahdollistaja, mutta suljettu ja henkilökohtainen data voi olla haasteellista koskien vapaata datavirtaa. Tälle on käsitteellistetty kaksi eri ratkaisua, teollinen data-alusta Industrial Data Platform (IDP) ja henkilökohtainen data-alusta Personal

Data Platform (PDP). Teollisia data-alustoja (IDP) on pidetty mahdollisina katalyytteinä eurooppalaisten datatalouden kauppapaikkojen eteenpäin viemiseksi. Keskipisteenä on turvallinen ja luotettava tiedonjako kiinnostuneille kumppaneille, pääosin yksityiselle sektorille. PDP on konsepti henkilökohtaisesta pilvipohjaisesta järjestelmästä, jossa käyttäjä voi itse hallita alustojen käyttämää dataa itsestään. Tällä hetkellä kuluttajilla on kuitenkin vain rajallinen pääsy ja hallinta heidän dataansa. (Curry ym. 2021, 52–55.)

2.2 Datan merkitys organisaatioille

Datan merkitys on muuttunut ajan kuluessa merkittävästi organisaatioille. Alustatalouden sekä monella liiketoiminnan osa-alueella kasvaneen kulutuksen vuoksi organisaatioiden on pitänyt miettiä uudelleen, kuinka he hallinnoivat dataa sisäisesti ja yhteistyökumppaneiden kanssa. Tällä hetkellä datalle pystytään erottamaan useita käyttökohteita. Data mahdollistaa yrityksille erinomaista operatiivista toimintaa ja liiketoiminnan prosessien integrointi ja automatisointi vaatii tehokasta dataresurssien hallintaa. Datan tuotteistuminen mahdollistaa uudenlaisen liiketoiminnan ja esimerkiksi tietoliikennepalvelutarjoajat voivat myydä nimetöntä dataa asiakkaidensa liikkeistä ja liikkuvuudesta. Kyseistä dataa voivat hyödyntää esimerkiksi erilaiset virastot, kuten liikennevirasto. Datan avulla voidaan myös kehittää uusia innovaatioita. (Otto ym. 2022, 3–4.)

Datapohjaiset palvelut useilla eri aloilla vaativat erilaisten datalähteiden yhdistämistä, joita ekosysteemin jäsenet voivat tarjota. Dataa voidaan hyödyntää pitkäaikaisena ja kestäväenä talouden strategisena lähteenä. Datasta saadaan arvoa vain, jos dataa käytetään. Tästä syystä päätöksentekijät ja yksityinen sektori haluavat mahdollistaa datan uudelleenkäytön ja hyödyntämisen. Laadukkaan datan tuottamiseen ja jakamiseen liittyy kuitenkin erilaisia kuluja, joten datan tarjoajilla tulee olla oikeus päättää, millä ehdoilla he tarjoavat dataa saataville ja miten muut tahot voivat heidän dataansa hyödyntää. (Otto ym. 2022, 4.)

Dataekosysteemiin liittyäkseen organisaatiolla olisi hyvä olla kolmen eri tason kyvykkyydet. Ensimmäisellä tasolla organisaatio hyödyntää dataa vain sisäisesti, esimerkiksi prosessien suoraviivaistamiseksi ja rutiinitehtävien automatisoimiseksi. Toisella tasolla organisaatio alkaa ajatella datan jakamista oman organisaation ulkopuolelle hyödynnettäväksi ja kuinka ulkopuolisten jakamaa dataa voidaan käyttää oman toiminnan parantamiseksi. Kolmannella tasolla on kyvykkyydet skaalautuvaan datan jakamiseen: toimijajoukko on laaja, käytötapaukset ovat monipuolisempia ja jaetun datan määrä on laajentunut ekosysteemissä. Osallistujat voivat investoida lisää data-avaruuteen laajentaakseen ekosysteemiä ja minimoidakseen käyttötapauksen kustannuksia. (Poikola ym. 2024, 9–10.)

2.3 Dataekosysteemien yleisimmät käyttötapaukset

Yleisimpiä käyttötapauksia dataekosysteemeille löytyy useita. Seuraavassa listauksessa on lueteltu osa niistä:

- Kustannusten vähentäminen esimerkiksi tuotantoketjujen optimoinnilla, turhien kulujen tukkimisella ja resurssien käytön ennakkoinnilla.
- Uusi liiketoiminta esimerkiksi uuden ekosysteemin kehittämisellä ja siihen pääsyoikeuden myymisellä tai ennustuksien myynnillä.
- Ennakoivaa mallintamista tavoitteen saavuttamiseksi tai tekemällä palveluista digitaalisia ja myymällä dataa, joka helpottaa päätöksenteossa.
- Tutkimus- ja kehitystyön jouduttamista dataekosysteemin avulla.
- Tekoälymallien kehittäminen tai rakentaminen dataekosysteemin datan avulla.
- Yksityisen ja julkisen sektorin datan jakaminen mahdollistaa yhteisten ja yhteiskunnallisten hyötyjen tavoittamisen.
- Yhteinen markkinapaikka, jossa dataekosysteemin osallistujat tarjoavat yhdessä helpon pääsyn dataan yhteisten intressien mukaisesti. (DSSC 2024, 12; Platz 2023.)

Käyttötapaukseksi voidaan myös nostaa esimerkki maatalouden sektorilta. Maatalouden kehittämismahdollisuudet sijaitsevat suurilta osin työprosesseissa ja korkeamman tason suunnittelu- ja päätäntöprosesseissa. Maatalouden prosesseja voidaan esimerkiksi optimoida ravinteiden määrän ja sadon kasvun osalta käyttäen apuna sensorien havaitsemaa dataa. Kuvaamalla tätä dataa digitaalisen kaksosen muodossa viljelijä voi vastaanottaa tietoa ravinnetasapainosta ja näin reagoida mahdollisiin ongelma-kohtiin (Otto ym. 2022, 287–

288.) Vertaamalla maaperän kosteusmittarisensoreiden ja avointen datalähteiden dataa, kuten säädataa, voidaan esimerkiksi ennakoida, olisiko viljelijän itse hyvä kastella satoa vai odottaako mahdollista sadetta. Näin voidaan esimerkiksi optimoida maatilan vedenkulutusta.

Maatalous koostuu useista eri sidosryhmistä ja niiden yhteen tuominen sujuvoittaisi maatalouden liiketoimintaa. Maataloudessa dataekosysteemin tulisi tarjota infrastruktuuri, joka tuo maatalousliiketoiminnan ja työprosessien tueksi dataa, informaatiota ja palveluita. Ekosysteemi voisi tarjota joustavia ratkaisuja eri tarpeisiin ja mahdollistaa uusia liiketoimintamalleja. (Otto ym. 2022, 280–281.)

3 DATA-AVARUUDET

Tässä luvussa käsitellään data-avaruuksien perusteita, kuten osallistujia ja heidän roolejaan, data-avaruuksien kehittämisen eri vaiheita sekä kansainvälisiä ja kotimaisia data-avaruus toimijoita. Data-avaruus on yhteentoimiva alusta, joka pohjautuu yhteisille hallintaperiaatteille, käytännöille, standardeille ja palveluiden mahdollistamiselle. Data-avaruudet mahdollistavat luotettavan informaation jaon. (DSSC 2025b.)

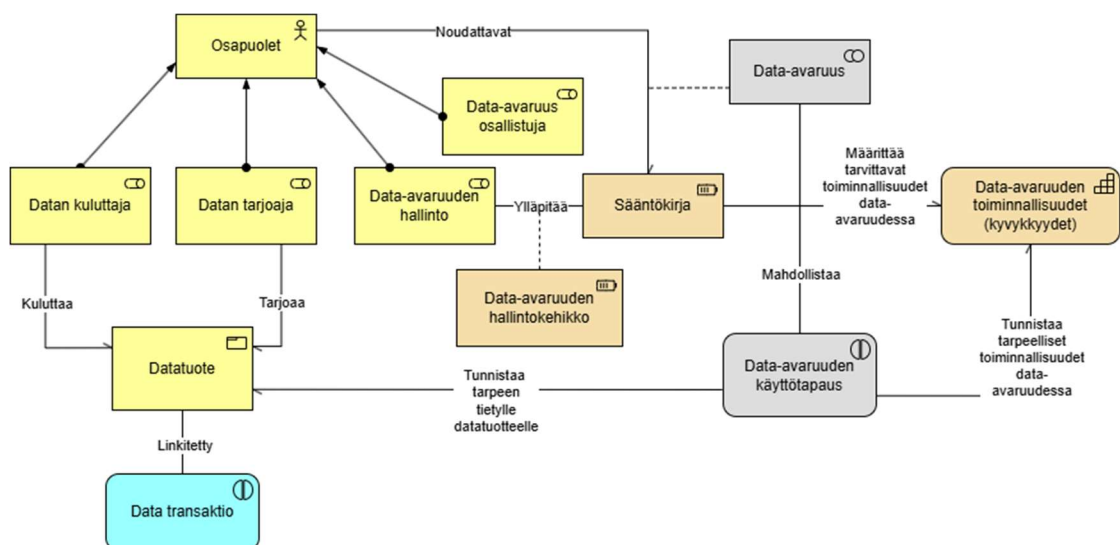
3.1 Data-avaruuksien perusteet

Data-avaruudet liittyvät mittavimpiin ekosysteemeihin, joissa yhteistyössä toimivat tahot jakavat dataa keskenään ja pyrkivät datan avulla ratkaisemaan ongelmia, joita ei kyetä ratkomaan yksittäisen toimijan kautta. Kehittyneet ekosysteemit hyötyvät data-avaruuksien tarjoamasta luotettavasta kehikosta ja skaalautuvasta datan jakamisesta. Data-avaruuden hyödyntäminen mahdollistaa antamaan datan käytölle ja jakamiselle arvoa arvoketjussa, josta myös datan tuottajat saavat hyötyjä. (Poikola ym. 2024, 11.) Kuvassa 2 on esitelty erilaisia rooleja data-avaruuden osallistujille.



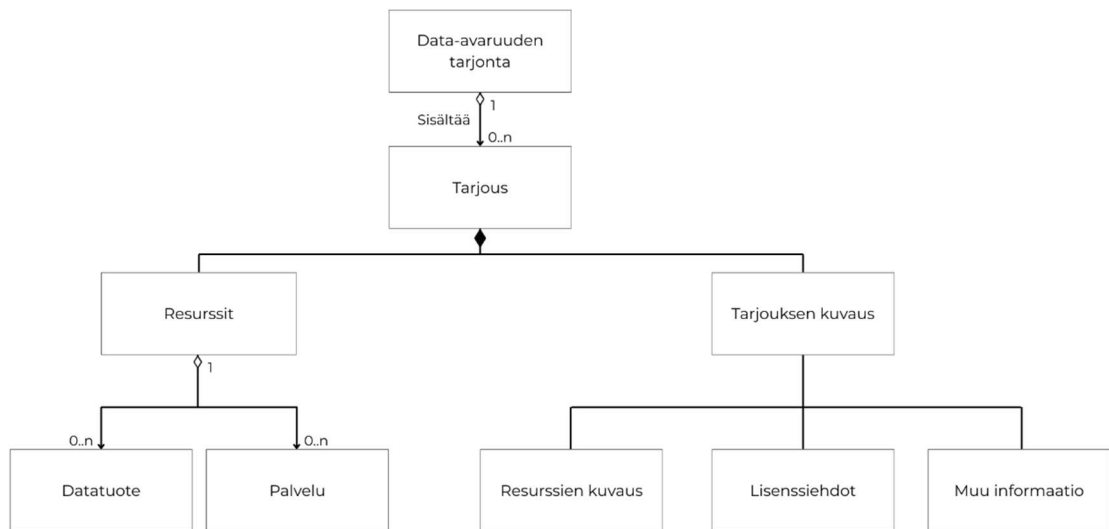
Kuva 2. Data-avaruuden eri osallistajat ja toimenkuvat (DSSC 2025c)

Data-avaruuksien osallistujia on monenlaisia, kuten kuvassa 2 osoitetaan. Datan tarjoaja tuo dataa datan kuluttajalle tai käyttäjälle, joka käyttää tarjottua dataa omiin tarkoituksiinsa. (DSSC 2025c.) Datan tarjoajilla on päätäntävalta siitä, että kenellä on oikeudet heidän datansa käyttöön. Datan tarjoajat päättävät datan käytön ehdot, kuten esimerkiksi jaetaanko dataa maksua vastaan tai saako dataa jakaa eteenpäin. (Poikola ym. 2024, 11.) Hallinnon tehtävänä on perustaa hallintokehikko ja ylläpitää sääntökirjaa, jota data-avaruuden osallistajat noudattavat. Palveluntarjoaja on liiketoiminnallinen entiteetti, joka tuo data-avaruuteen palveluita. Hallinto voi myös määrittää palveluntarjoajat data-avaruuden osallistujiksi. Mikäli palveluntarjoaja tuo data-avaruuteen vain pilvipalvelun eli infrastruktuurin palveluna (IaaS), niin palveluntarjoajaa ei yleensä katsota osallistujaksi, kun taas ohjelmiston palveluna (SaaS) tarjoava katsotaan osallistujaksi. (DSSC 2025c.) Kuvassa 3 on esitelty yleiset data-avaruuden käsitteet ja toiminnot.



Kuva 3. Yleiset data-avaruuden käsitteet ja toiminnot ArchiMate-kaaviona (DSSC 2025b)

Kuvassa 3 on esitelty data-avaruuden osapuolia ja heidän liiketoimintaroolejaan, kuten datan tarjoajia ja kuluttajia. Datan tarjoaja voi tarjota datatuotetta, jota datan kuluttaja kuluttaa. Tämä prosessi on linkitetty data transaktioon. Data-avaruuden hallinto ylläpitää data-avaruuden resursseja, kuten hallintokehikkoa ja sääntökirjaa, jota osapuolet noudattavat. Sääntökirja määrittää tarvittavat toiminnallisuudet data-avaruudessa. Data-avaruus mahdollistaa eri osapuolien yhteistyön sekä data-avaruuden käyttötapauksen tai -tapaukset. Käyttötapausten perusteella tunnistetaan data-avaruuden tarpeelliset toiminnot ja tarpeet datatuotteille ja palveluille. (DSSC 2025b.) Data-avaruuden tarjonta koostuu tarjouksista, jotka liittyvät osallistujille saatavilla oleviin datatuotteisiin tai palveluihin (kuva 4).



Kuva 4. Data-avaruuden tarjonnan koostumus UML-kaaviona (DSSC 2025a)

Kuten kuvasta 4 voidaan huomata, data-avaruuden tarjonta voi sisältää useita tarjouksia eri toimijoilta. Tarjous sisältää joko datatuotteen tai palvelun ja näitä voi sisältyä yhteen tarjoukseen useampia. Datatuotteena voi olla esimerkiksi jokin tietty data-aineisto ja palveluna voidaan tarjota esimerkiksi datan käsitteilyä tai valmista ohjelmistoa (SaaS). Tarjouksessa kuvataan tarjoukseen liittyvät resurssit, lisenssiehdot sekä muu informaatio, jotta tarjoukseen liittyvät ehdot ovat datatuotteen tai palvelun kuluttajalle helposti saatavilla. Data-avaruuden tarjonta julkaistaan yleisimmin osallistujien tai data-avaruuden hallinnon toimesta katalogissa. (DSSC 2025a.)

Jokaisessa data-avaruudessa on useita eri rakenneosia, joita vaaditaan luotettavaan ja tehokkaaseen datan jakamiseen osallistujien kesken. Nämä jaetaan teknisiin ja hallinnollisiin rakenneosiin (kuva 5).



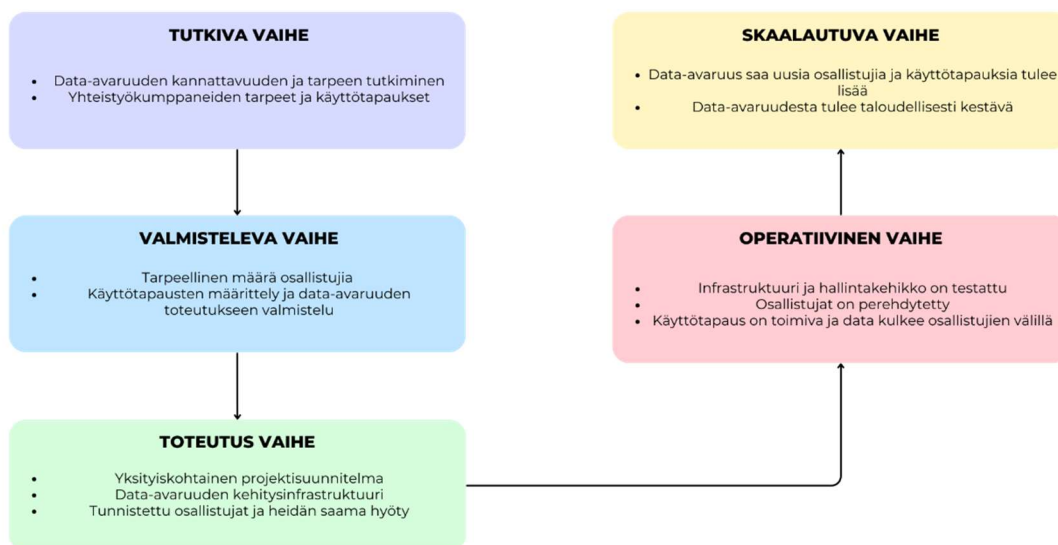
Kuva 5. Data-avaruuden rakenneosat (DSSC 2023c)

Kuvassa 5 näkyvistä rakenneosista nähdään, että tekniset rakenneosat jaetaan yhteentoimivuuteen, luotettavuuteen ja datan arvoon liittyviin osioihin. Datamallit ja formaatit, datan välitykseen liittyvät API:t sekä datan alkuperään ja jäljitettävyyteen liittyvät osat edistävät järjestelmien yhteentoimivuutta. Luotettavuutta edistävät esimerkiksi identiteetin ja pääsyn hallinta sekä yhteiset käytännöt luotettavaan datan jakamiseen. Datasta saatavaa arvoa kasvattavat muun muassa julkaisu- ja markkinapalvelut ja datan parempi löydettävyys. Hallinto vastaa hallinnollisista rakenneosista, joihin kuuluvat yleinen yhteistyösopimus, operatiiviset toiminnot sekä jatkuvuusmalli. Data-avaruuksien viitearkkitehtuuri rakentuu näiden rakenneosien pohjalta. (DSSC 2023c.)

3.2 Kehitysvaiheet

Tässä luvussa käydään läpi data-avaruuden perustamiseen, ylläpitoon ja kehitykseen tarvittavat vaiheet. Data-avaruuden pilotti on suunniteltu ja resursoitu yhden tai usean käyttötapausten implementaatioksi data-avaruushankkeen käynnistyksessä (DSSC 2025d). Data-avaruushankkeen osapuolet noudattavat kattavaa hallintokehikkoa, joka dokumentaation myötä kehittyy data-avaruuden sääntökirjaksi. Sääntökirja toimii toiminnallisena oppaana ja se olisi

hyvä esittää ihmisluettavassa ja koneluettavassa formaatissa. (DSSC 2025d.)
Kuvassa 6 on kuvattu data-avaruuden kehitysvaiheita.



Kuva 6. Data-avaruushankkeen eri kehitysvaiheet (DSSC 2025d)

Kuten kuvasta 6 voidaan huomata, data-avaruushankkeen kehitysvaiheisiin kuuluu tutkiva, valmisteleva, toteutus, operatiivinen, ja skaalautuva vaihe. Vaiheet etenevät kuvassa 6 näkyvän järjestyksen mukaisesti.

Tutkiva vaihe

Tutkiva vaihe on kehitysjakson ensimmäinen vaihe, josta data-avaruushanke alkaa. Tässä vaiheessa yleisesti ryhmä henkilöitä tai organisaatioita alkaa tutkimaan data-avaruuden perustamisen potentiaalisuutta ja kannattavuutta. Tutkivan vaiheen toimiin kuuluu tunnistaa mahdolliset kiinnostuneet yhteistyökumppanit, edellytysten kerääminen, käyttötapauksista keskustelu ja voimassa olevien käytäntöjen tai standardien läpikäynti. (DSSC 2025d.)

Valmisteleva vaihe

Valmisteleva vaihe alkaa, kun data-avaruushankkeella on ratkaiseva määrä sitoutuneita yhteistyökumppaneita ja kaikilla osallistujilla on yhteisymmärrys data-avaruushankkeen liikkeelle laitosta. Tälle vaiheelle on tyypillistä, että kaikki osakkaat yhdessä kehittävät käyttötapausta ja valmistautuvat toteuttamaan data-avaruus pilottia. (DSSC 2025d.) Tässä kohtaa data-avaruushanke on käynnissä, mutta itse data-avaruus ei ole vielä käynnissä. Pilottitoteutusta

suunnitellaan ja kerätään tarvittavat resurssit. Jos samalla toimialalla on useampia data-avaruus toimijoita ne voivat myöhemmin liittyä yhteentoimiviksi data-avaruus verkostoiksi. (Poikola ym. 2024, 21.)

Toteutus vaihe

Toteutus vaihe alkaa, kun on luotu riittävän yksityiskohtainen projektisuunnitelma, virstanpylväät ja resurssit hallintokehyksen ja infrastruktuurin kehitykseen data-avaruuden pilotissa. Tässä vaiheessa on selkeästi tunnistettu pilottiin osallistuvat osapuolet ja mitä arvoa osallistujat siitä saavat. (DSSC 2025d.)

Operatiivinen vaihe

Operatiivisessa vaiheessa data-avaruudesta tulee toimiva ja pilottitoteutuksessa infrastruktuureiden ja hallintakehyksien toteutus on kokeiltu ja ensimmäisestä käyttötapauksesta on tullut toimiva. Osallistujat on perehdytetty data-avaruuteen. Data kulkee tarjoajien ja datansaajien välillä ja käyttötapaus tuo sille tarkoitetun arvon. (DSSC 2025d.)

Skaalautuva vaihe

Skaalautuva vaihe alkaa, kun data-avaruus saa säännöllisesti ja organisaation kautta uusia osallistujia ja se omaksuu uusia käyttötapauksia. Tässä kohtaa data-avaruus on todennäköisesti taloudellisesti ja operatiivisesti kestävä sekä muokautuu markkinoiden muutoksiin ja kasvaa ajan myötä. (DSSC 2025d.)

3.3 Data-avaruustoimijat

Data-avaruuksiin liittyy useita kansallisia ja kansainvälisiä toimijoita, jotka tekevät töitä muun muassa data-avaruuksien kehittämisen sekä käytänteiden ja ohjeistuksien luomisen parissa. DSAF (Data Spaces Alliance Finland) ja Sitra ovat esimerkkejä suomalaisista toimijoista.

DSAF

Data Spaces Alliance Finland on yhteisö, joka tuo yhteen data-avaruuksista kiinnostuneita jäseniä Suomessa. Jäsenet rakentavat tai hyödyntävät suomalaisia data-avaruuksia. Liiton tehtävänä on edistää data-avaruushankkeiden kasvua ja valmiutta tehostaakseen suomalaista datataloutta. Yhteisö auttaa

yrittäjiä ja organisaatioita ymmärtämään data-avaruuksien hyötyjä, näyttämään johtavia käytötapauksia, seuraamaan eurooppalaista kehitystä ja koostamaan kansallista suunnitelmaa samalla kun se mahdollistaa jäsenten oppimisen kollegoilta ja maailman huipputekijöiltä. Tällä hetkellä jäsenenä on 25 tahoa, joita ovat 1001 Lakes, Business Finland, Centria, CSC, DataSpace Europe, Fintraffic, Headai, IOXIO, Kela, Liikenne- ja viestintäministeriö, Loihde, Maanmittauslaitos, MyData Global, Nokia, Nordic Institute for Interoperability of Solutions (NIIS), Platform of Trust, Siili Solutions, Sitra, Six Mobile Work Machines, Smart City Innovation Cluster (SCIC), Struggle Creative, Teknologiateollisuus ry, TIEKE, VTT ja Vision. (DSAF s.a.)

Sitra

Sitra käynnisti vuonna 2021 projektin Euroopan komission vuonna 2020 julkaiseman datastrategian jälkeen tavoitteenaan tutkia data-avaruuksien liiketoiminnallisia hyötyjä ja niille soveltuvia käytötapauksia (Komulainen 2024). Sitra rahoittaa suomalaisia data-avaruushankkeita ja on luonut ohjeita sekä sopimusmalleja data-avaruuksien perustamiseen. Sitra on esimerkiksi kehittänyt Reilun datatalouden sääntökirjan, joka on julkaistu kansainvälisesti usealla eri kielellä. (Poikola ym. 2024, 10.)

Suomalaisten toimijoiden lisäksi data-avaruuksien parissa toimii useita kansainvälisiä toimijoita, kuten DSSC (Data Spaces Support Centre), DSBA (Data Spaces Business Alliance), IDSA (International Data Spaces Association), BDVA (Big Data Value Association), Gaia-X sekä FIWARE. Näistä toimijoista FIWARE on kuvattu tarkemmin luvussa 3.4, koska sen kehittämiä ratkaisuja hyödynnetään tämän opinnäytetyön käytännön toteutuksessa.

DSSC

Data Spaces Support Centren tehtävänä on auttaa julkisen ja yksityisen sektorin toimijoita yhteisten data-avaruuksien luonnissa. Toimijat ja dataekosysteemit luovat yhdessä itsenäisiä, luotettavia ja yhteentoimivia datanjakoympäristöjä mahdollistaakseen datan hyödyntämistä eri toimialoilla. Data Spaces Support Centre tukee eurooppalaista taloutta sekä yhteiskuntaa, ja Euroopan komissio on osittain rahoittanut DSSC:n toimintaa osana Digital Europe-ohjelmaa. Data Spaces Support Centren tavoitteena on tutkia data-avaruushank-

keiden tarvetta sekä määrittää ja vakiinnuttaa parhaat käytänteet data-avaruuksien edistämiseksi sekä muodostamiseksi. DSSC mahdollistaa teknologioiden, prosessien, lakikehikkojen, standardien ja työkalujen saatavuuden eri toimijoille data-avaruuksien käyttöönottoon. (DSSC 2023a.)

DSBA

Data Space Business Alliance -liiton jäseniä ovat Gaia-X, Big Data Value Association (BDVA), FIWARE-säätiö ja International Data Spaces Association (IDSA). Yhdessä nämä tahot tekevät töitä data-avaruuksien yhteentoimivuuden varmistamiseksi. (DSBA s.a.) Jokaisella näillä tahoilla on maakohtaisia verkostoja eli hubeja, jotka tekevät yhteistyötä ja joiden kautta toimintaa tuodaan kansalliselle ja paikalliselle tasolle (Sitra s.a.). DSBA edistää liiketoiminnan muutosta datataloudessa ja on ensimmäinen tämänkaltainen hanke. Päämääränä on yhdistää alan toimijat datapohjaiseen toteutukseen, jossa tulevaisuudessa yksilöt ja organisaatiot kykenevät saavuttamaan täyden arvon heidän omistamastaan datasta. Liitto edustaa yhdessä noin tuhatta alan avaintoimijaa, yhdistystä, tutkimuslaitosta, uudistajaa ja päätöksentekijää. Liitto muokkaa standardeja ja mahdollistaa toimialojen välisen integraation teknologiassa. Yhteinen rakenne, joka pohjautuu jo olemassa oleviin arkkitehtuureihin ja malleihin, auttaa perustamaan data-avaruuksia. Datan tarjoajat, käyttäjät ja välittäjät tuodaan yhteen ja näin autetaan yrityksiä saamaan arvoa data-avaruuksista. (DSBA s.a.)

IDSA

Jäsenlähtöisenä organisaationa International Data Spaces Associationin (IDSA) visiona on luoda ympäristö luotettavalle datan jakamiselle hajauteissa ja varmennetuissa data-avaruuksissa. Päämääränä on luoda data-avaruuksille globaali standardi ja vaalia tekniikoita ja liiketoimintamalleja, jotka ajavat tulevaisuuden datataloutta eteenpäin Euroopassa ja maailmalla. (DSBA 2023, 27.)

BDVA

Big Data Value Association on kansainvälinen voittoa tavoittelematon organisaatio, jolla on yli 200 jäsentä Euroopassa usealta eri teollisuudenalalta sekä useita tutkimuslaitoksia. BDVA:n tehtävänä on kehittää innovaatioekosysteemi, joka mahdollistaa datapohjaisen digitaalisen muutoksen Euroopassa

tuodakseen maksimaalista taloudellista ja yhteiskunnallista hyötyä. Tavoitteena on saavuttaa ja ylläpitää Euroopan johtavaa asemaa Big Data -arvon tuottamisessa sekä tekoälyssä. BDVA mahdollistaa alueellista moniosapuolistaa yhteistyötä Euroopan tasolla tarjoamalla työkaluja ja asiantuntemusta tukeakseen eurooppalaisten datapohjaisten sovellusten kehitystä ja kokeiluja. (Curry ym. 2022, 9–10.)

Gaia-X

Gaia-X:ssä sadat yritykset ja toimijat tekevät töitä yhdessä datan jakamisen sääntöjen ja yhteentoimivien ratkaisujen luomiseksi. Kehitystä koordinoi kansainvälinen AISBL-yhdistys. Gaia-X pyrkii avoimen innovaatioekosysteemin luomiseen, jossa määritellään eurooppalaiseen arvopohjaan sopivat datan jakamisen periaatteet ja infrastruktuuri niiden tueksi. (Sitra s.a.) Se määrittelee yhteisen hallintamallin, jolla on tarkat säännöt datan ja ekosysteemien liittämiseen. Gaia-X:n toiminta perustuu kolmeen eri pilariin: hajautettuihin palveluihin, yhteentoimiviin ja sektorit ylittäviin data-aineistoihin sekä palveluihin ja datan vaihtoon, pääsyyn sekä käyttöön liittyviin sopimuksiin. (DSBA 2023, 27.)

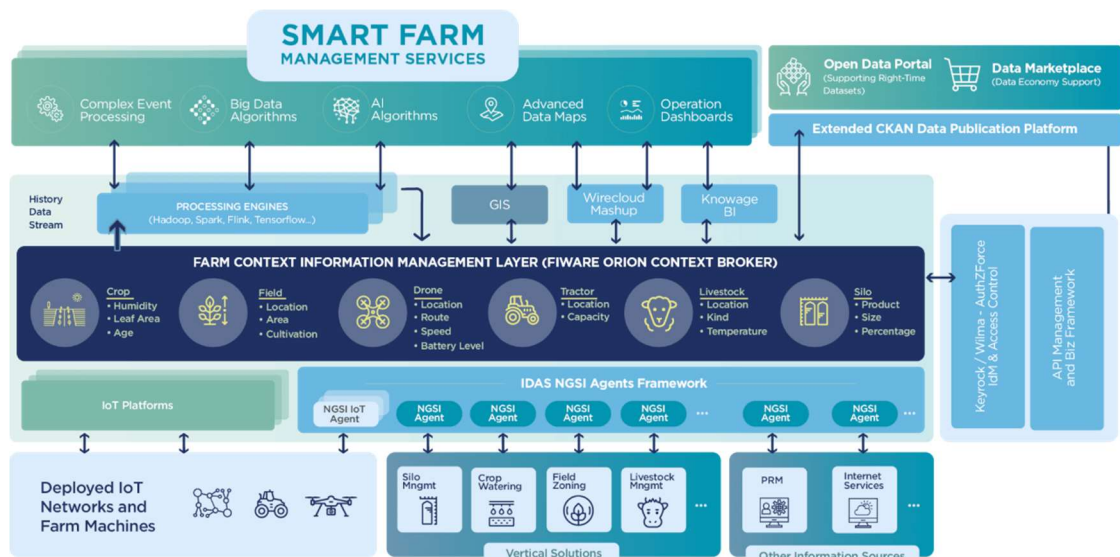
3.4 FIWARE

FIWARE-säätiö on vuonna 2016 perustettu voittoa tavoittelematon organisaatio, jonka pohjana on avoimen lähdekoodin teknologiat ja standardit. Näillä teknologioilla helpotetaan säätiöön kuuluvien jäsenten toimintaa ympäri maailman. (FIWARE s.a.) FIWARE-yhteisön jäsenistöön kuuluu suuryrityksiä, pieniä ja keskisuuria yrityksiä, teknologiakeskuksia sekä korkeakouluja (Otto ym. 2022, 396). Myös Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu kuuluu tähän yhteisöön ja ylläpitää FIWARE:n Suomen iHub-verkostotoimintaa yhdessä Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa.

FIWARE:n avoimen lähdekoodin komponentit ja ohjelmistot voidaan integroida kolmansien osapuolien ohjelmistojen ja komponenttien kanssa. Komponenttien avulla voidaan kehittää älykkäisiin ratkaisuihin alustoja eri organisaatioille ja aloille, kuten teollisuus, kaupungit, maatalous ja energia. FIWARE:n ohjelmistoarkkitehtuuri perustuu digitaalisen kaksosen datanhallintaan todellisesta maailmasta. Tämä malli kerää tietoa useista lähteistä, kuten sensoreista, tietojärjestelmistä, kameroista ja loppukäyttäjien mobiililaitteista. Mallia

on mahdollista ylläpitää ja hallinnoida reaaliaikaisesti. Automatisoidakseen tiettyjä tehtäviä sovellukset analysoivat ja käsittelevät kerättyä dataa tuodakseen tukea käyttäjille, jotta he voivat tehdä älykkäitä ratkaisuja. Digitaalinen kaksonen on kokonaisuus, joka kuvaa todellista objektiota. Digitaalisen kaksonen voi tunnistaa käyttämällä URI:a (Uniform Resource Identity) ja sitä voi kuvailla käyttäen muutamia tuntomerkkejä, kuten dataa sisältäviä ominaisuuksia ja suhteita muiden digitaalisten kaksoisien kokonaisuuksien kanssa. (Otto ym. 2022, 396.)

FIWARE:n komponenttimalli on broker-pohjainen ja komponenttien toiminnan käyttö tapahtuu API:n kautta. FIWARE tarjoaa yleisiä mahdollistajia (*Generic Enablers*), jotka sisältävät ominaisuuksia vuorovaikutukseen konteksti-informaation datalähteiden kanssa sekä toiminnallisuuksia muun muassa datan käsittelylle, analysoinnille ja visualisoinnille. Ne mahdollistavat myös datan käytön hallinnan, julkaisun ja kaupallistamisen. (Curry ym. 2022, 152.) Näihin yleisiin mahdollistajiin kuuluu muun muassa IoT-agentteja, API-hallintaa sekä yhteentoimivien sensorien ja laitteiden hallintaa (FIWARE Catalogue s.a.). Tärkein mahdollistaja on Context Broker, joka yhdistää kaikki alustakomponentit ja sallii sovellusten päivittää ja kuluttaa konteksti-informaatiota hajautetusti ja laajamittaisesti. Kaikkiin FIWARE alustaan pohjautuviin ratkaisuihin Context Broker on pakollinen komponentti. (Curry ym. 2022, 152.) Kuvassa 7 on esitelty esimerkkiarkkitehtuuri älykkään maatilan hallintajärjestelmästä, jossa hyödynnetään FIWARE:n yleisiä mahdollistajia.



Kuva 7. Esimerkkiarkkitehtuuri älykkään maatilan hallintajärjestelmästä (FIWARE 2018, 7)

Kuvasta 7 nähdään, että Context Broker voi yhdistää informaatiota esimerkiksi droneista ja sensoreista sekä muista järjestelmistä ja informaatiolähteistä. NGSI-agenttien avulla voidaan yhdistää Context Brokeriin esimerkiksi avointa säädettä. Esimerkissä Context Brokeriin on yhdistetty dataa satoon, peltoon, droneen, traktoriin, karjaan ja siiloon liittyen. Tämä data voi sisältää muun muassa sijainti-, nopeus-, lämpötila- ja pinta-alatietoja. Data voidaan prosessoida esimerkiksi Tensorflow:n avulla ja syöttää Big Data- ja tekoälyalgoritmeille. Data voidaan esittää myös operatiivisissa käyttöliittymissä sekä sen avulla voidaan luoda edistyneitä datakarttoja ja käsitellä monimutkaisia tapahtumaprosesseja. Kuvassa 7 oikealla on kuvattu komponentteja identiteetin-, pääsyn- ja API-hallintaan sekä liiketoimintakehykseen. Ylhäällä oikealla on kuvattu datan julkaisualusta, jossa voi olla datan kauppapaikka ja avoimen datan portaali.

Context Broker rekisteröi kontekstidataa tuottavat sovellukset ja laitteet, esimerkiksi lämpötila-anturit, ja vastaanottaa päivitetyn konteksti-informaation. Lisäksi se pystyy ilmoittamaan muutoksista konteksti-informaatiosta. Context Broker pitää sisällään vain viimeisimmän konteksti-informaation, esimerkiksi lämpötila-anturin viimeisimmät arvot. Kontekstin päivittyessä vanhempi data voidaan tallentaa historiatiedoksi. FIWARE:n Context Brokereita ovat Orion, Orion-LD, Scorpio ja Stellio.

Orion käyttää vanhempaa NGSI-v2 API:a ja se soveltuu parhaiten suljettuihin ja pienempiin ympäristöihin. Orion-LD on NGSI-LD brokeri, joka mahdollistaa jäsenneilyn tavan käsitellä ja pyytää konteksti-informaatiota linkitettyyn dataan perustuen. NGSI on Context Brokerin sisältämä API, jota käytetään kontekstiedon päivittämiseen ja hakemiseen sekä alustan komponenttien liittämiseen. NGSI-LD API:a käytetään verkostoissa ja data-avaruuksissa, ja se käyttää JSON-LD notaatiota. NGSI-LD käyttää entiteettityyppejä, suhteita ja ominaisuuksia, jotka on määritetty yksilöllisellä URI:lla. Orion-LD on kompakti brokeri ja vaatii vähemmän resursseja kuin esimerkiksi Scorpio. (FIWARE Catalogue s.a.)

Scorpio on myös NGSI-LD pohjainen brokeri, ja se tukee erilaisia käyttöönottasetuksia, jotka tukevat skaalautuvuutta ja useita skenaarioita. Sitä voidaan

käyttää keskitetyissä, hajautetuissa ja yhteisissä ympäristöissä. Se on kuitenkin raskaampi brokeri-ratkaisu kuin Orion tai Orion-LD ja vie näitä enemmän resursseja. Stellio on rakennettu Kafka brokerin pohjalle ja se tukee NGSILD:tä sekä suuria toimintoja konteksti-informaatiossa. Lisäksi Stellioon on lisätty Keycloak-integraatio oletuksena. (FIWARE Catalogue s.a.)

FIWARE johtaa myös yhdessä IUDX:n, TM Forumin ja OASC:n kanssa yhteistyöohjelmaa Smart Data Models. Yhteisten datamallien tarkoituksena on edistää järjestelmien ja datan yhteentoimivuutta useilla sektoreilla. Datamalleja on kehitetty useille eri sektoreille, kuten älykaupungit, energia, ympäristö, logistiikka, robotiikka, terveydenhuolto ja turismi. Datamallit omaavat suuren roolin formaattien sekä semantiikan yhteensovittamisessa dataan, ja ne pohjautuvat ketterään standardointiin, jotta mallien määrittely on nopeaa. (FIWARE 2024.) Datamallit ovat kuvattu JSON ja JSON-LD formaatissa, jotka ovat sopivia NGSIV2 ja NGSILD API:ssa. Yhteistyöohjelman alla julkaistut datamallit ovat alakohtaisten standardien mukaisia. Datamallien käyttö helpottaa myös kehittäjien työtä ja ne auttavat välttämään yhteensopivuusongelmia. (Otto ym. 2022, 399.)

4 DATA-AVARUUKSIEN KEHITTÄMINEN DAME-HANKKEEN PILOTEISSA

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön toimeksiantaja sekä hankkeen keskeiset toimenpiteet. Lisäksi luvussa esitellään toimeksiantajan hankkeeseen liittyvä maatalouden pilotti sekä tämän opinnäytetyön käytännön toteutus, joka liittyy edellä mainittuun pilottiin.

4.1 DAME-hanke

Toimeksiantaja on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Digitaalisen tiedonhallinnan tutkimus- ja kehittämiskeskuksen (Digitalian) toteuttama DAME-hanke. DAME on lyhenne hankkeen virallisesta nimestä ”Etelä-Savon datatalouden kiihdyttämö: Jaettu data yhteisenä menestystekijänä”. Hanke on Euroopan unionin osarahoittama ja tuen on myöntänyt Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, EAKR.

Hankkeen aikana keskeisiin toimenpiteisiin kuuluu Etelä-Savon datatalouden tilannekuvan mallintaminen ja monen eri toimialueen käytännön kokeilujen toteutus, joissa kehitetään data-avaruuksia ja suoritetaan jaetun datan hyödyntämisen sekä datan jakamisen teknologiakokeiluja yhteistyökumppaneiden kanssa. Selvityksien ja kokeilujen kautta suunnitellaan tukipalvelut eteläsavolaisille yrityksille. Hankkeen aikana kootaan myös aloituspaketti data-avaruuksiin, jossa on ohjeita ja sopimusmalleja data-avaruuden perustamiseen. Lisäksi hankkeessa kootaan tekninen toteutusmalli tukemaan ja mahdollistamaan data-avaruuden käyttöönotto, toteutus ja ylläpito. Paikallisten yhteistyökumppaneiden kanssa rakennetaan datatalouden arververkosto, joka kytkeytyy kansallisiin ja eurooppalaisiin datatalouden tukiverkostoihin. Hankkeen tavoitteena on viedä eteenpäin aluetalouden kehittymistä ja laaja-alaisuutta uuden dataperäisen liiketoiminnan tavoin. (Xamk 2024.)

Hankkeessa on suunniteltu toteutettavaksi kokeiluja eri sektoreilla liittyen hyvinvointiin, kulttuuriperintöön, teknologiaan, yhteiskuntaan sekä maatalouteen, kalatalouteen ja kiertotalouteen. Näiden kokeilujen tarkoituksena on kasvattaa eteläsavolaisten yritysten ymmärrystä datan arvosta ja mahdollistaa uutta datalähtöistä liiketoimintaa. Tämän opinnäytetyön käytännön toteutuksessa luodaan koodikomponentteja maatalojen energian käytön ja tuottamisen optimointiin, joten seuraavassa luvussa on kuvattu tarkemmin edellä mainituista kokeiluista maatalouteen liittyvä pilotti.

4.2 Maatalouspilotti

DAME-hankkeen maatalouspilottissa kokeillaan maatilalla olevan CHP-laitoksen (Combined Heat and Power), sensoridatan, aurinkovoiman sekä ulkoisten datalähteiden yhdistämistä. Edellä mainitussa CHP-laitoksessa on yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto. Ulkoisina datalähteinä käytetään säädataa ja -ennusteita sekä sähkön hintatietoja ja -ennusteita. Kokeilu toteutetaan yhteistyössä Harjun maatalous Oy:n, Suomi Connect Oy:n ja ProAgria Etelä-Savo ry:n kanssa, ja se tuottaa tietoa kokeiluun osallistuville osapuolille siitä, kuinka dataa ja sensoreita voidaan hyödyntää maatalojen energian käyttöön ja tuottamiseen liittyvien toimintojen kehittämisessä.

Pilotin tavoitteena on testata energian tuotannon ja käytön optimointia maatalaympäristössä, arvioida CHP-laitoksen ja aurinkovoiman yhteistoimintaa sekä kehittää dataperustainen järjestelmä, joka hyödyntää säätietoja ja -ennusteita, Fingridin sähkömarkkinadataa ja sähkön hintaennusteita sekä reaaliaikaista energiankulutus ja -tuottamistietoa. Tavoitteena on parantaa maatilojen energiatehokkuutta, alentaa kustannuksia ja tuottaa tietopohjaa laajempaan optimointijärjestelmän käyttöönottoon.

Dataa kerätään ja yhdistetään maatilan datalähteistä, kuten CHP-laitoksesta ja kuivaamosta, sekä seurataan muun muassa sähkö- ja lämpöenergian sekä hakkeen kulutusta maatilalla. Ulkoiset tietolähteet, kuten säätiedot ja pörssisähkön tuntihinnat, liitetään keskitettyyn brokeri-järjestelmään. Kokeilun aikana kehitetään ja testataan optimointilogiikkaa sekä tiedon visualisointia. Tarkoituksena on myös esittää optimoinnilla saavutettava säästöpotentiaali. Koska aurinkoenergiaa ei ole saatavilla tarpeeksi ympäri vuoden ja hakkeen sekä pörssisähkön hinnat vaihtelevat, järjestelmän olisi hyvä antaa suosituksia sopivimmasta energiamuodosta kunakin ajan hetkenä.

4.3 Käytännön toteutus

Omaksi työtehtäväkseni määritettiin selvittää ja toteuttaa koodikomponentteja pörssisähkön pidempiaikaisten hintaennusteiden saamiseksi. Fingridin pörssisähköhinnat julkaistaan päivittäin noin klo 14.30 eli noin 9 tuntia aikaisemmin ennen niiden voimaantuloa. Toiveena oli saada pörssisähkön hintaennusteet tätä pidemmälle ajalle. Hankkeen ohjelmistosuunnittelijat vastaavat hankkeeseen osallistuvalla maatilalta saatavan datan yhdistämisestä järjestelmään. Hankkeessa työskennellyt harjoittelija on toteuttanut sää- ja pörssisähköhintojen hakemiseen liittyvät koodikomponentit.

Käytännön toteutuksen tehtävänä oli liittää sähkövatkain web app:sta pörssisähkön hintaennustukset Orion-LD Context Brokeriin. Sähkövatkaimessa käytetään koneoppimismallia ennusteiden tekemiseen ja ennusteet on mahdollista saada viikoksi eteenpäin. Hankkeessa keskusteltiin sopivimmasta Context Brokerista ja päädyttiin siihen, että Orion-LD on riittävä vaihtoehto tähän pilottitoteutukseen.

Ensin tutustuin sähkövatkaimeen ja selvitin, että saako pörssisähkön hintaennusteet haettua suoraan vai tuleeko sähkövatkaimessa käytettävä tekoälymalli asentaa Digitalian omiin ympäristöihin. Selvityksen perusteella molemmat vaihtoehdot olivat mahdollisia, ja sen jälkeen keskustelimme hankehenkilökunnan kanssa järkevimmästä toteutustavasta. Päädymme siihen, että pilottissa riittää, kun haemme hintaennusteet suoraan sähkövatkaimesta.

Digitalian ympäristöissä on käytössä yhteiset alustat eri pilottitoteutuksille, mutta erilliset koodikomponentit kehitetään omissa virtuaaliympäristöissä, josta ne yhdistetään yhteiseen alustaan. Virtuaaliympäristössä hyödynnetään Dockeria. Docker on avoimen lähdekoodin alusta sovellusten kehittämiseen, jakeluun ja ajamiseen konteissa. Kontit ovat eristettyjä ympäristöjä, jotka sisältävät sovellusten suorittamiseen tarpeelliset asiat, kuten kirjastot ja koodit, ja niitä on helppo siirtää ympäristöistä toiseen. Varsinainen toteutus aloitettiin virtuaalikoneella ajamalla Linuxin terminaalissa Docker setup kuvassa 8 näkyvillä komennoilla.

```
# Add Docker's official GPG key:
sudo apt-get update
sudo apt-get install ca-certificates curl
sudo install -m 0755 -d /etc/apt/keyrings
sudo curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg -o /etc/apt/keyrings/docker.asc
sudo chmod a+r /etc/apt/keyrings/docker.asc

# Add the repository to Apt sources:
echo \
  "deb [arch=$(dpkg --print-architecture) signed-by=/etc/apt/keyrings/docker.asc] https://download.docker.com/linux/ubuntu \
  $(. /etc/os-release && echo "$VERSION_CODENAME") stable" | \
  sudo tee /etc/apt/sources.list.d/docker.list > /dev/null
sudo apt-get update

# Install docker
sudo apt-get install docker-ce docker-ce-cli containerd.io docker-buildx-plugin docker-compose-plugin
sudo docker run hello-world
```

Kuva 8. Dockerin asennus

Kuten kuvasta 8 näkee, komentorivillä ajettiin komennot Dockerin virallisen GPG-avaimen lisäämiseksi, repositoryn lisäämiseksi Apt sourceihin sekä Dockerin asentamiseksi ja asennuksen onnistumisen testaamiseksi. Linuxissa käytetään GPG-avaimia ladattavien pakettien autentikoimiseksi ja repository lisätään järjestelmään, jotta paketinhallintatyökalu tunnistaa sen.

Seuraavaksi asennettiin Docker Desktop visuaalisen käyttöliittymän saamiseksi. Desktopin asennus oli vapaaehtoista. Asennus tapahtui lataamalla tarvittava DEB-paketti ja ajamalla komennot:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install ./docker-desktop-amd64.deb
```

Ennen containerien pystytystä lisättiin docker-compose -kansio, joka sisältää tarvittavan yml-tiedoston. Yml-tiedostossa määritettiin esimerkiksi portit ja nimet MongoDB:lle ja Orion-LD Context Brokerille (kuva 9).

```
4   orion:
5     image: fiware/orion-ld
6     hostname: orion
7     container_name: fiware-orion
8     depends_on:
9       - mongo-db
10    expose:
11      - "1026"
12    ports:
13      - "1026:1026"
14    command: -dbhost mongo-db -logLevel DEBUG
15    healthcheck:
16      test: curl --fail -s http://orion:1026/version || exit 1
17
18    # Databases
19    mongo-db:
20      image: mongo:3.6
21      hostname: mongo-db
22      container_name: db-mongo
23      expose:
24        - "27017"
25      ports:
26        - "27017:27017"
27      command: --nojournal
28      volumes:
29        - mongo-db:/data
30
31    volumes:
32      mongo-db: ~
```

Kuva 9. Esimerkki docker-compose yml -tiedostosta

Kuten kuvasta 9 näkee, molemmille määritettiin hostname ja mitä imagea ne käyttävät. Context Brokerin containerin nimeksi annettiin fiware-orion ja MongoDB container nimettiin db-mongo:ksi. Molempiin määritettiin myös käytettävät portit. Expose arvot viittaavat siihen, mitkä portit näkyvät ulospäin. MongoDB:n osalta --nojournal komento nopeuttaa containerin käynnistystä ja volumes arvolla määritettiin tietovarannon nimi, jonka Docker luo.

Containerien pystytys tapahtui komennolla `$ docker compose up -d` ajamalla docker-compose.yml-tiedosto. Kuvassa 10 näkyy käynnissä olevat containerit sekä terminaali Docker Desktopissa.

The screenshot shows the Docker Desktop interface. At the top, it displays 'Container CPU usage' at 0.20% / 6400% (64 CPUs available) and 'Container memory usage' at 59.04MB / 7.46GB. Below this is a search bar and a toggle for 'Only show running containers'. A table lists three containers:

	Name	Container ID	Image	Port(s)	CPU (%)	Last started
<input type="checkbox"/>	docker-compose	-	-	-	0.2%	5 days ago
<input type="checkbox"/>	db-mongo	3f5c58f0824c	mongo:3.6	27017:27017	0.2%	5 days ago
<input type="checkbox"/>	fiware-orion	3d7a5f48af68	fiware/orion	1026:1026	0%	5 days ago

Below the table is a terminal window showing the output of a Docker Compose command:

```

WARN[0000] /home/dane-th/dev/docker-compose/docker-compose.yml: the attribute 'version' is obsolete, it will be ignored, please remove it to avoid potential confusion
[+] Running 25/25
 ✓ orion Pulled                                38.0s
 ✓ mongo-db Pulled                             36.2s
[+] Running 4/4
 ✓ Network docker-compose_default             Created                                0.3s
 ✓ Volume "docker-compose_mongo-db"          Created                                0.0s
 ✓ Container db-mongo                         Started                                2.3s
 ✓ Container fiware-orion                     Started                                1.5s
  
```

Kuva 10. Docker Desktop -näkyvä

Kuvasta 10 voi huomata, että MongoDB-containeri toimii käynnistyksen jälkeen sille yml-tiedostossa asetetussa portissa 27017 ja Context Brokerin containeri toimii portissa 1026. Docker Desktopissa on oma terminaali, josta voi ajaa komentoja. Terminaalista näkee, että yml-tiedoston suorittaminen hakee Context Brokerin ja MongoDB:n imagen perusteella sekä luo verkon ja volumen sekä käynnistää containerit.

Seuraavaksi luotiin koodikomponentti pörssisähköhintojen ennusteiden hakeamiseen. Ennusteet on luotu sähkövatkaimessa tekoälyä hyödyntämällä. Koodikomponentin tarkoituksena oli hakea pörssisähkön hintaennusteet json-tiedostosta ja muuntaa siitä vastaanotettava unix-aika tavalliseen datetime-formaattiin. Lisäksi koodissa tulostetaan aikaleima sekä sen hetkinen hinta ja tulokset palautetaan results-muuttujassa (kuva 11).

```

fetch_energyprice_prediction.py > ...
1 import requests
2 from datetime import datetime
3 import pytz
4
5 def fetch_energyprice_prediction():
6
7     # JSON-datan haku
8     url = "https://raw.githubusercontent.com/vividfog/nordpool-predict-fi/main/deploy/prediction.json"
9
10    try:
11        response = requests.get(url)
12        data = response.json()
13
14        # Helsinki aikavyöhyke
15        helsinki = pytz.timezone('Europe/Helsinki')
16
17        # Lista ajalle ja hinnalle
18        results = []
19
20        for timestamp, price in data:
21            unix_time = int(timestamp) / 1000 #Millisekunnit sekunneiksi
22
23            helsinki_time = datetime.fromtimestamp(unix_time, tz=pytz.utc).astimezone(helsinki) # Unix-aikaleima
24            current_time = helsinki_time.strftime('%Y-%m-%dTHH:MM:%S')
25            results.append([current_time, price])
26
27        # Tulostus
28        for item in results: # Tulostaa kaikki rivit
29            print(item)
30
31        return results
32
33    except Exception as e:
34        print(f"Virhe ennusteiden haussa: {e}")
35        return None
36

```

Kuva 11. Koodikomponentti pörssisähkön hintaennusteiden hakemiseen ja tulostamiseen

Kuvassa 11 näkyvä Requests-kirjasto mahdollistaa HTTP-kyselyjen tekemisen asetetusta URL:sta. Datetime-kirjastolla päivämäärästä saa päivämäärä-objektin Pythonissa ja pytz-kirjaston avulla voidaan tehdä aikavyöhykemuunnoksia. HTTP-kyselystä tulevan vastauksen data jäsennetään json()-funktiolla ja for-loopilla käydään läpi vastauksen kentät. Lista luodaan muuttujalla results ja append()-funktiolla for-loopissa lisätään listaan yksittäinen ennuste. Kokonainen tulostus tapahtuu lopussa for-loopilla käymällä läpi resultsissa olevat ennusteet. Kuvassa 12 näkyy aikaisemmin esitellyn koodikomponentin tulostus.

```

['2025-05-05 14:00:00', 4.2715911865234375]
['2025-05-05 15:00:00', 4.117351531982422]
['2025-05-05 16:00:00', 2.1366398334503174]
['2025-05-05 17:00:00', 2.7950215339660645]
['2025-05-05 18:00:00', 4.07045316696167]
['2025-05-05 19:00:00', 4.965927600860596]
['2025-05-05 20:00:00', 6.057374000549316]
['2025-05-05 21:00:00', 7.0302534103393555]
['2025-05-05 22:00:00', 6.529891490936279]
['2025-05-05 23:00:00', 5.331160545349121]
['2025-05-06 00:00:00', 3.9175679683685303]
['2025-05-06 01:00:00', 3.2952096462249756]
['2025-05-06 02:00:00', 1.4497666358947754]

```

Kuva 12. Pörssisähkön hintaennusteet tulostettuna

Kuvassa 12 on näkyvissä tulostus, jossa on listattu pörssisähkön hintaennusteet. Vasemmalla näkyy päivämäärät sekä kellonajat ja oikealla ennustettu hinta euroissa ilman hintojen pyöristystä. Kuvassa 13 on esitelty koodikomponentti pörssisähkön hintaennusteiden lisäämiseksi Context Brokeriin.

```

push_energyprice_prediction.py > create_energy_price_prediction_entity
1 import json
2 import requests
3 from fetch_energyprice_prediction import fetch_energyprice_prediction
4
5 # Orion Context Brokerin URL
6 ORION_URL = "http://localhost:1026/ngsi-ld/v1/entities/"
7 HEADERS = {
8     "Content-Type": "application/ld+json",
9     "Accept": "application/ld+json"
10 }
11
12 def push_to_orion(entity_data):
13     entity_id = entity_data["id"]
14     entity_url = f"{ORION_URL}{entity_id}/attrs"
15
16     print(f"Lähetettävä payload Orioniin:\n", json.dumps(entity_data, indent=2))
17
18     try:
19         response = requests.patch(entity_url, json=entity_data, headers=HEADERS, timeout=10)
20
21         if response.status_code == 204:
22             print(f"Orion: {entity_id} päivitetty onnistuneesti.")
23         elif response.status_code == 404:
24             print(f"Entiteettiä {entity_id} ei löytynyt, luodaan uusi...")
25             response = requests.post(ORION_URL, json=entity_data, headers=HEADERS, timeout=10)
26             print(f"Orion vastaus: {response.status_code} {response.text}")
27         else:
28             print(f"Virhe Orioniin lähettämisessä: {response.status_code} {response.text}")
29
30     except requests.exceptions.RequestException as e:
31         print(f"Yhteysvirhe Orioniin: {e}")
32
33 def create_energy_price_prediction_entity(results):
34
35     entities = []
36
37     for i in range(len(results)):
38
39         time = results[i][0]
40         priceForecast = results[i][1]
41
42         entity = {
43             "@context": [
44                 "https://schema.org/docs/jsonldcontext.json",
45                 "https://uri.etsi.org/ngsi-ld/v1/ngsi-ld-core-context.jsonld"
46             ],
47             "id": f"urn:ngsi-ld:EnergyPriceForecast:{time}",
48             "type": "UnitPriceSpecification",
49             "priceCurrency": {
50                 "type": "Property",
51                 "value": "EUR"
52             },
53             "priceComponent": [
54                 {
55                     "type": "Property",
56                     "value": priceForecast
57                 }
58             ],
59             "referenceQuantity": {
60                 "type": "Property",
61                 "value": {
62                     "value": 1,
63                     "unitCode": "KWH"
64                 }
65             },
66             "validFrom": {
67                 "type": "Property",
68                 "value": time
69             }
70         }
71
72         entities.append(entity)
73
74     return entities
75
76 if __name__ == "__main__":
77     # Haetaan tiedot JSON:sta
78     results = fetch_energyprice_prediction()
79
80     # Lähetetään sähkön hinnan ennusteen entiteetti Orioniin
81     if results is not None:
82         energy_price_entities = create_energy_price_prediction_entity(results)
83         for entity in energy_price_entities:
84             push_to_orion(entity)

```

Kuva 13. Koodikomponentti pörssisähkön hintaennusteiden lisäämiseksi Context Brokeriin

Kuten kuvasta 13 näkee, aikaisemmin toteutetusta koodikomponentista importataan `fetch_energyprice_prediction()` -funktio ja koodissa määritetään Context Brokerin URL sekä tarvittavat headerit. Koodissa määritetään myös kaksi funktiota `push_to_orion()` ja `create_energy_price_prediction_entity()`. `Push_to_orion()` -funktiossa tehdään POST-kutsu, jos entiteettiä ei ole vielä olemassa. Jos entiteetti on jo olemassa, tiedot päivitetään PATCH-kutsulla. `Create_energy_price_prediction_entity()` -funktiossa käsitellään palautetut tulokset, eli pörssisähkön hintaennusteet, ja määritetään entiteetit hyödyntäen `UnitPriceSpecification` -datamallia. Funktion lopussa entiteetit palautetaan `return` -komennolla. Tiedoston lopussa, riviltä 76 alkavassa lohossa, ajetaan funktiot pörssisähkön hintaennusteiden hakemiseen sekä entiteettien luomiseen. Lopuksi jokainen entiteetti lisätään Context Brokeriin `push_to_orion()` -funktioilla. Seuraavaksi Docker Desktopin terminaalissa ajettiin komento `python3 push_energyprice_prediction.py` tiedoston suorittamiseksi, jotta pörssisähkön hintaennusteet saadaan lisättyä Context Brokerille (kuva 14).

```
(base) dane-th@topl-desktop-dev:~/dev/energyprice_forecast$ python3 push_energyprice_prediction.py
['2025-05-08T00:00:00', 11.770011901855469]
['2025-05-08T01:00:00', 11.294459342956543]
['2025-05-08T02:00:00', 10.979860305786133]
['2025-05-08T03:00:00', 11.44668197631836]
['2025-05-08T04:00:00', 11.374307632446289]
['2025-05-08T05:00:00', 12.129633903503418]
['2025-05-08T06:00:00', 14.108229637145996]
['2025-05-08T07:00:00', 17.0268611907959]
['2025-05-08T08:00:00', 19.384944915771484]
['2025-05-08T09:00:00', 16.013076782226562]
['2025-05-08T10:00:00', 12.759151458740234]
['2025-05-08T11:00:00', 11.3074312210083]
['2025-05-08T12:00:00', 9.828043937683105]
['2025-05-08T13:00:00', 8.525461196899414]
['2025-05-08T14:00:00', 8.457879066467285]
['2025-05-08T15:00:00', 8.819680213928223]
['2025-05-08T16:00:00', 10.981865882873535]
['2025-05-08T17:00:00', 11.655097961425781]
['2025-05-08T18:00:00', 12.733497619628906]
['2025-05-08T19:00:00', 14.482523918151855]
['2025-05-08T20:00:00', 15.709894180297852]
['2025-05-08T21:00:00', 17.74090576171875]
['2025-05-08T22:00:00', 16.03748321533203]
['2025-05-08T23:00:00', 13.222555160522461]

"@context": [
  "https://schema.org/docs/jsonldcontext.json",
  "https://url.etsi.org/ngsi-ld/v1/ngsi-ld-core-context.jsonld"
],
"id": "urn:ngsi-ld:EnergyPriceForecast:2025-05-17T02:00:00",
"type": "UnitPriceSpecification",
"priceCurrency": {
  "type": "Property",
  "value": "EUR"
},
"priceComponent": [
  {
    "type": "Property",
    "value": 1.374979853630066
  }
],
"referenceQuantity": {
  "type": "Property",
  "value": {
    "value": 1,
    "unitCode": "KWH"
  }
},
"validFrom": {
  "type": "Property",
  "value": "2025-05-17T02:00:00"
}
}
Entiteettia urn:ngsi-ld:EnergyPriceForecast:2025-05-17T02:00:00 ei löytynyt, luodaan uusi...
Orion vastaus: 201
```

Kuva 14. Näkymä Docker Desktopin terminaalista

Kuvassa 14 on näkymä Docker Desktopin terminaalista, jossa näkyy alussa testitulokset pörssisähkön hintaennusteille sekä yksi esimerkki Context Brokeriin lisätyistä entiteeteistä. Pörssisähkön hintaennusteet on nyt lisätty Context Brokeriin kontekstietona ja luodut koodikomponentit yhdistetään Digitalian ympäristöissä pilottitoteutuksen yhteiselle alustalle.

5 PÄÄTÄNTÖ

Datan merkitys ja dataekosysteemien sekä data-avaruuksien rooli on selkeästi kasvanut liiketoiminnassa, vaikkakin eurooppalainen datatalous ja laajempi datan hyödyntäminen on vielä alkutaipaleellaan. Lisäksi dataekosysteemeihin ja -avaruuksiin liittyy useita eri toimijoita, kehitysvaiheita sekä käyttötapauksia. Euroopan datastrategialla, dataekosysteemeillä ja data-avaruuksilla on niiden parissa toimivien tahojen lisäksi suuri vaikutus Euroopan kilpailukyvyyn ja data-suvereniteetin kasvattamisessa. Dataekosysteemien toiminnalla ja data-avaruuksien hyödyntämisellä, jakamalla dataa eri toimijoiden ja toimialojen kesken, on potentiaalia edistää myös yritysten liiketoimintaa.

Aihe oli todella laaja ja sisälsi paljon uusia asioita itselleni. Aiheen laajuuden vuoksi kaikkea siihen liittyvää ei voinut käsitellä tässä opinnäytetyössä. Lisäksi aiheeseen liittyi paljon uusia termejä ja tekniikoita. Opinnäytetyön teoreettisen osuuden tekemiseen meni yllättävän paljon aikaa, jolloin käytännön osuus piti pitää suhteellisen rajattuna. Lähteiksi löytyi paljon laadukasta ajan tasalla olevaa kirjallisuutta sekä useita artikkeleja. Data-avaruustoimijat ovat tuottaneet myös paljon materiaalia sekä ohjeita, joita pystyin hyödyntämään lähteinä.

Virtuaaliympäristöt olivat osakseen tuttuja opinnoista, mutta esimerkiksi Dockeria ja Docker Desktopia en ollut käyttänyt aikaisemmin. Aluksi containerin käynnistämisessä oli haasteita, kun kokeilin containerin pystyttämistä ensin komentokehoteessa ja sen jälkeen Docker Desktopissa. Tämän takia virtuaaliympäristöön oli muodostunut esimerkiksi päällekkäisiä verkkoja. Mitä tulee koodaukseen ja käytettyihin tekniikoihin, niin esimerkiksi yml-tiedoston luominen oli minulle uutta ja porttien määrittäminen tuotti aluksi haasteita. Lisäksi Context Brokerin käyttö ja datamallit olivat minulle uusia asioita. Python-ohjelmointikieltä olemme käyttäneet opinnoissa aiemmin, ja esimerkiksi JSON-datan hakeminen ja käsittely oli minulle ennestään tuttua. Toteutuksessa käytettiin lisäksi CRUD-kutsuja, kuten POST:ia ja PATCH:iä, jotka ovat myös tulleet tutuksi opintojen aikana.

Opinnäytetyön tekemisen aikana opin uusia asioita paljon ja pääsin tutustumaan hanketoimintaan sekä tki-työhön. Kehittämistyötä tehtiin kahden viikon sprinteissä. Pääsin osallistumaan sidosryhmäyhteistyöhön ja Digitaliassa sekä

DAME-hankkeessa oli kiva työympäristö ja -yhteisö. Aihevalinta oli haasteellinen mutta palkitseva, ja opinnäytetyön sekä kehittämistehtävän tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyön toteuttamisen aikataulutusta olisi voinut sujua paremminkin. Toteuttamieni koodikomponenttien arvioinnin jälkeen sain kehitysehdotuksena välttää esimerkiksi tiettyjen asioiden kovakoodaamista, kuten ympäristöjen osoitteita ja portteja.

Jatkokehitystä ajattelen, huomasiimme, että sähkövatkaimen tekoälymallin ennusteet eivät välttämättä aina ole niin tarkkoja, ja tekoälymallia voisi yrittää kehittää jatkossa paremmaksi. Lisäksi sähkövatkain on kehitetty harrastusmielessä ja ylläpidon jatkuvuuden kannalta tekoälymallia voisi olla järkevää pyrittäessä omissa ympäristöissä, jos nykyinen kehittäjä päättäisikin lopettaa sähkövatkaimen ylläpidon. Hankkeessa tehtiin kuitenkin yhteistuumin päätös, että pilotin toteutuksen aikana pörssisähkön hintaennusteiden haku suoraan sähkövatkaimesta on riittävä vaihtoehto. Lisäksi jos pilotista lähdetään vielä jatkokehittämään ja käyttöönottamaan data-avaruutta, niin nykyisen Orion-LD Context Brokerin soveltuvuutta ja riittävyyttä kannattaa arvioida uudelleen. Jos siirrettävät datamäärät nousevat käyttöönoton myötä huomattavasti suuremmiksi, niin FIWARE:n tarjoamista komponenteista löytyy myös muita vaihtoehtoja raskaampaan datan käsittelyyn.

Toimeksiantajan toteuttama maatalouden kokeilu edistää maatalojen energian käytön ja tuottamisen optimointia sekä kustannusten hillintää. Toimeksiantaja julkaisee kokeiluihin liittyvät tulokset sekä pilottitoteutuksissa tuotettua koodia avoimesti saataville hankkeen toteutuksen aikana, jotta muutkin tahot voivat hyödyntää niitä.

LÄHTEET

Curry, E. 2020. Real-time Linked Dataspaces. Cham: Springer Nature Switzerland AG. E-kirja. Saatavissa: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-29665-0> [viitattu 10.4.2025].

Curry, E., Metzger, A., Zillner, S., Pazzaglia, J & García Robles, A. 2021. The Elements of Big Data Value. Cham: Springer Nature Switzerland AG. E-kirja. Saatavissa: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/50023> [viitattu 14.4.2025].

Curry, E., Scerri, S. & Tuikka, T. 2022. Data Spaces Design, Deployment and Future Directions. Cham: Springer Nature Switzerland AG. E-kirja. Saatavissa: <https://library.oapen.org/viewer/web/viewer.html?file=/bitstream/handle/20.500.12657/58395/978-3-030-98636-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 11.2.2025].

DSAF s.a. Data Spaces Alliance Finland. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dataspacesalliance.fi/> [viitattu 21.4.2025].

DSBA. 2023. Technical Convergence Discussion Document. Data Spaces Business Alliance. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://data-spaces-business-alliance.eu/wp-content/uploads/dlm_uploads/Data-Spaces-Business-Alliance-Technical-Convergence-V2.pdf [viitattu 5.5.2025].

DSBA s.a. The Data Spaces Business Alliance Unleashing the European Data economy. DSBA. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://data-spaces-business-alliance.eu/> [viitattu 21.4.2025].

DSSC. 2023a. Mission and Vision. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/Mission/175308804/Mission+and+Vision> [viitattu 23.4.2025].

DSSC. 2023b. Building Blocks Data Product Development. Data Spaces Support Centre. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/BBE/178422034/Data+Product+Development> [viitattu 25.4.2025].

DSSC. 2023c. Starter Kit for Data Space Designers V1.0. Data Spaces Support Centre. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/SK/31424817/6+Functionality> [viitattu 5.5.2025].

DSSC. 2024. Starter Kit for Data Space Designers V1.5. München: Data Spaces Support Centre. PDF-dokumentti. Päivitetty 7.11.2024. <https://dssc.eu/space/SK/759234564> [viitattu 15.3.2025].

DSSC. 2025a. Data Spaces Blueprint V2.0. Data Spaces Support Centre. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.3.2025. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/BVE2/1071253231/Data+Space+Offering#3.3.-Data-space-offering> [viitattu 5.5.2025].

DSSC. 2025b. Data Spaces Blueprint V2.0. Data Spaces Support Centre. WWW-dokumentti. Päivitetty 4.4.2025. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/BVE2/1071251613/Introduction+-+Key+Concepts+of+Data+Spaces> [viitattu 5.5.2025].

DSSC. 2025c. Data Spaces Blueprint V2.0. Data Spaces Support Centre. WWW-dokumentti. Päivitetty 4.4.2025. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/BVE2/1071251613/Introduction+-+Key+Concepts+of+Data+Spaces#2.1-Participants> [viitattu 30.4.2025].

DSSC. 2025d. Data Spaces Blueprint V2.0 3 Evolution of Data Space Initiatives. Data Spaces Support Centre. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.3.2025. Saatavissa: <https://dssc.eu/space/BVE2/1071251857/3++Evolution+of+Data+Space+Initiatives> [viitattu 15.3.2025].

Euroopan datastrategia s.a. Euroopan komissio. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.1.2024. Saatavissa: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_fi [viitattu 9.5.2025].

FIWARE s.a. What is the FIWARE foundation. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fiware.org/foundation/> [viitattu 28.3.2025].

FIWARE Catalogue s.a. FIWARE. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fiware.org/catalogue/> [viitattu 15.4.2025].

FIWARE. 2018. Smart Agrifood The New Revolution in Farming. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.fiware.org/wp-content/directories/marketing-toolbox/material/FIWAREBrochure_SmartAgriFood.pdf [viitattu 5.5.2025].

FIWARE. 2024. Smart Data Models. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://github.com/smart-data-models/.github/blob/master/profile/README.md> [viitattu 17.4.2025].

Komulainen, A. 2024. Suomalaisten data-avaruuksien tilannekuva esipuhe. Helsinki. Sitra. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisu/suomalaisten-data-avaruuksien-tilannekuva/#esipuhe> [viitattu 23.4.2025].

Otto, B., ten Hompel, M. & Wrobel, S. 2022. Designing Data Spaces. Cham: Springer Nature Switzerland AG. E-kirja. Saatavissa: <https://library.open.org/viewer/web/viewer.html?file=/bitstream/handle/20.500.12657/57901/978-3-030-93975-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 21.4.2025].

Platz, B. 2023. Data Ecosystems: What They Are, Use Cases, and Building Your Own. Blogi. Saatavissa: <https://flur.ee/fluree-blog/data-ecosystems-what-they-are-use-cases-and-building-your-own/> [viitattu 15.3.2025].

Poikola, V., Wong, D., Lähteenoja, V. & Turpeinen, M. 2024. Suomalaisten data-avaruuksien tilannekuva – Edelläkävijöiden opit datatalouden infrastruktuurin kehittämiseen. Helsinki. Sitra. E-kirja. Saatavissa: https://www.sitra.fi/app/uploads/2024/03/sitra_suomalaisten_data-avaruuksien_tilannekuva.pdf [viitattu 23.4.2025].

Sitra s.a. Gaia-X Suomi. Päivitetty 8.7.2024 Saatavissa: <https://www.sitra.fi/aiheet/gaia-x-suomi> [viitattu 6.5.2025].

Xamk. 2024. Etelä-Savon datatalouden kiihdyttämö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/hanke/dame/> [viitattu 11.3.2025].