

AURINKOVOIMALAN ÄLYKKÄÄT OHJAUKSET

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Digitaaliset teknologiat
Opinnäytetyö (ylempi AMK)
Kevät 2018
Harri Lääveri

Lahden ammattikorkeakoulu
Digitaaliset teknologiat, insinööri (ylempi AMK)

LÄÄVERI, HARRI:

Aurinkovoimalan älykkäät ohjaukset

79 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena on määrittää sopiva IoT-Hub GreenEnergy Finland Oy:n ohjausjärjestelmän käyttöön. Yrityksellä on jo käytössä tietojen keräys järjestelmä Gef-Vison™. Tämän järjestelmän pääosat selvitetään työn aluksi pohjaksi laajentuville toiminnoille. Dokumenttia voidaan käyttää, kun haetaan eri palvelujentarjoajien kanssa soveltuvaa IoT-alustaa. Selvitettäviä asioita ovat lisäksi IoT-energiamittauksen vaihtoehdot ja mahdollisen paikallisen sääaseman valinta älykkään energian ohjauksen käyttöön.

Toinen merkittävä osuus työssä on tutkia aurinkoenergian hyödyntämistä omakotitaloissa. Mikrotuotannolla tuotetun sähköenergian myyntihinta verkkoyhtiöille on varsin alhainen, ja tästä syystä aurinkosähköenergian hyödyntäminen ja optimointi omaan käyttöön on tarpeellista. Työssä käsitellään aurinkosähköenergian hyödyntämistä lämminvesivaraajan ohjauksessa. Työssä tutkitaan eri vaihtoehtoja aurinkosähköenergian käytöstä lämminvesivaraajan lämmityksen ohjauksessa.

Ohjausvaihtoehtojen toimintaa tutkitaan tekemällä ohjaus vaihtoehdot omakotitalon lämminvesivaraajan ohjaukseen.

Asiasanat: aurinkoenergia, IoT-Hub, Ilmatieteen laitos avoin data, pilvipalvelut, kWh Kilowattitunti, Wp Nimellisteho watteina

Lahti University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Digital Technologies

LÄÄVERI, HARRI:

Intelligent controls for solar power
plants

79 pages, 2 pages of appendices

Spring 2018

ABSTRACT

The purpose of this work was to determine which IoT Hub would be appropriate for the control system of Green Energy Finland Oy. The company already has data collection system Gef-Vison™. Because this system serves as the basis of the expanded system, its main parts were explored and the results were made into a document that can be used to search for a suitable IoT platform with different service providers. The aspects to be investigated included the IoT energy measurement options and the choice of a possible local weather station for intelligent energy control.

Another significant part of the work was to explore the use of solar energy in private houses. The sale price of solar energy produced by microgeneration to network companies is quite low and for this reason the focus should be on the utilization and optimization of solar power for own use. The thesis explores alternatives to the use of photovoltaic energy for controlling the heating of a hot water heater.

Key words: solar energy, IoT Hub, Finnish Meteorological Institute open data, cloud services, kWh kilowatt hour, Wp nominal power in watts.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimusmenetelmä työssä	1
1.2	Tutkimusprosessi	2
2	AURINKOENERGIA	4
2.1	GreenEnergy Finland Oy	6
2.1.1	ABB -aurinkosähköjärjestelmät	6
2.1.2	Fronius -aurinkosähköratkaisut	7
2.1.3	Cleantech Finland	7
2.2	FinSolar	8
3	GEF VISION™ JATKUVASTI KEHITTYVÄ OHJAUS	9
3.1	Inverttereiden tuotantotietojen lukeminen	11
3.1.1	GEF Reader liitäntä inverttereihin	12
3.1.2	GEF Reader toteutus	12
3.2	Pilvipalvelun valinta Gef Vision™ ohjelmistojen laajennukseen	13
3.3	Tietokanta Gef Vision™ ohjelmistoprojektissa	15
3.4	Gef Vision™ järjestelmän tietoturvallisuus	17
4	SÄÄTIETOJEN LUKEMINEN	18
4.1	Paikallisten säätietojen mittausvaihtoehtoja	20
5	IOT-HUBILLA LUETTAVAT TIEDOT	22
5.1	IoT-Hub valinnan lähtötietoja	22
5.2	IoT-Ratkaisun suunnitteluvaihe ja valinta	26
5.3	Elisa IoT-Hub	27
5.4	Googlen Android Things	29
5.5	AinaCom IoT-Hub	30
5.6	Azure IoT	31
5.7	Wapice Ltd:n IoT-Ticketin	34
6	IOT-ENERGIAMITTARI JA MITTAUS VAIHTOEHDOT	36
6.1	Energiayhtiöiltä saatavien mittaustietojen hyödyntäminen	39
7	KIINTEISTÖJEN ÄLYKÄS SÄHKÖN KAYTTÖ	42

7.1	Kerätyt tiedot omakotitalojen aurinkoenergiavoimaloista	42
7.2	Modbus-tietojen määrittely kiinteistöautomaatioon	42
7.3	Omakotitalon kuorman ohjaus	43
7.3.1	Suoraan kytketty lämminvesivaraaja	48
7.3.2	Lämminvesivaraajan kello-ohjaus	48
7.3.3	Lämpimän veden tuotto aurinkoenergian ohjauksella	57
7.3.4	Älyvaraaja Jäspi	61
7.3.5	Älykkään ohjaukseen lisättävät ominaisuudet	63
7.3.6	Älykäs ohjaus käyttäen apuna ohjelmoitavaa logiikka.	64
7.4	Talon käyttöliittymän ohjaukset	70
8	YHTEENVETO	72
8.1	Energian mittaus ja IoT-energiamittarit	73
8.2	Tietojen kerääminen, tallennus ja tietoturva	73
8.3	Omakotitalojen energiaohjaus	74
8.4	Älykkyyden lisäys tulevaisuudessa	74
	LÄHTEET	75

1 JOHDANTO

Tämän työ koostuu kahdesta osiosta. Ensimmäisessä osassa on tarkoituksena selvittää laitteita ja palveluja GreenEnergy Finland Oy:n ohjausjärjestelmän kehityksessä käytettäväksi. Yrityksessä on jo käytössä yrityksen itse kehittämä tietojen keräys- ja ohjaus järjestelmä Gef-Vison™. Selvitettäviä asioita ovat energiamittauksen vaihtoehdot ja paikallisen sääaseman valintaan vaikuttavat asiat. Samoin on tarkoitus selvittää millaisilla liitännöillä saadaan aurinkovoimaloiden invertterien tiedot ohjausjärjestelmään.

Toisessa osiossa tarkastellaan millaisia mahdollisuuksia on liittää kiinteistöjen kuorman ohjauksia aurinkovoimalan ohjausjärjestelmään. Kuorman ohjauksissa käsitellään esimerkkinä omakotitalon lämminvesivaraajan ja talon lämmityksen ohjausta.

1.1 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on ollut suunnittelutieteellinen tutkimus eli Design science. Lähtökohtana on tässä tutkimusmenetelmässä soveltaa saatuja tutkimustuloksia käytäntöön. Suunnittelutieteellisessä tutkimus menetelmässä on yleensä kaksi osaa: perus- ja soveltava tutkimus. Vaihtoehtoja kartoitetaan perustutkimuksessa, jonka jälkeen tuloksia sovelletaan kuhunkin käyttötarkoitukseen. Tässä menetelmässä keskeistä on mallin rakentaminen ja sen arviointi. Mallia arvioidaan ja muokataan halutun lopputuloksen saamiseksi riittävän monta kertaa. (Järvinen & Järvinen, 103 -117.)

Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa taustana on ollut nykyinen tiedonkeruuohjelmisto ja sen selvitys. Tähän ohjelmistoon on etsitty IoT-laitteiden laajentamismahdollisuuksia. Tarve on tullut esille kehittämisehdotusten ja asiakkailta tulleiden palautteiden myötä.

Toisessa osassa opinnäytetyötä tutkimus tehdään kahteen eri omakotitalon aurinkoenergiaohjauksia muuttamalla, kokeilemalla ja havainnoimalla. Eri ohjauskytkentöjen toiminnan ja ohjausjärjestelmän ohjelmien eroja havainnoimalla on pyritty löytämään optimaalinen ohjaustapa aurinkoenergian hyödyntämiseen. Järjestelmistä kerättyjä tietoja analysoimalla on pyritty löytämään kehityskohteet.

Opinnäytetyössäni keskeisimmät tutkimuskysymykset ovat:

1. Millainen tiedonkeruujärjestelmä GefVision on?
2. Millaisia vaihtoehtoja löytyy aurinkoenergian tiedonkeruujärjestelmän laajentamiseksi?
3. Miten aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää omakotitalossa?

1.2 Tutkimusprosessi

Opinnäytetyön aluksi tehdään nykyisen järjestelmän esittely siitä, mikä on Gef-Vision™ ja millainen on sen toimintaperiaate. Nykyisen ohjausjärjestelmän määrittelyllä selvennetään ohjelmiston laajentamistyöhön osallistujille ja sidosryhmille millainen järjestelmä on nyt käytössä. Työssä selvennetään miksi Gef-Vision™ pilvipalveluksi on valikoitunut UpCloud pilvipalvelu. Pilvipalveluun lisätyn tietokannan ominaisuudet sekä valintaperuste pitää olla selvä. Opinnäytetyössä selvennetään tietokannan käyttöä ja kirjataan mitkä ovat sen valintaperusteet.

Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa pyritään kartoittamaan ohjausohjelmiston laajentamiseen sopivia IoT- alusta ratkaisuja; millaisia vaihtoehtoja on markkinoilla ja mitä ominaisuuksia lähemmin tarkastelluissa alustoissa on. Eri vaihtoehtojen selventäminen on tärkeää, jotta yrityksen käyttöön valikoituu sopiva IoT-alusta.

IoT-Hubiin liitettävien IoT-energiamittausten vaihtoehtojen kartoituksella pyritään löytämään oikea energiamittari tai mittarit ohjausjärjestelmän käyttöön. Onko IoT-mittareita jo markkinoilla ja löytyykö niistä sopivaa

jonka voi ottaa ohjausjärjestelmän käyttöön? Myös mahdollisesti IoT-alustaan liitettävän laadukkaan sääaseman ominaisuuksia kartoitetaan.

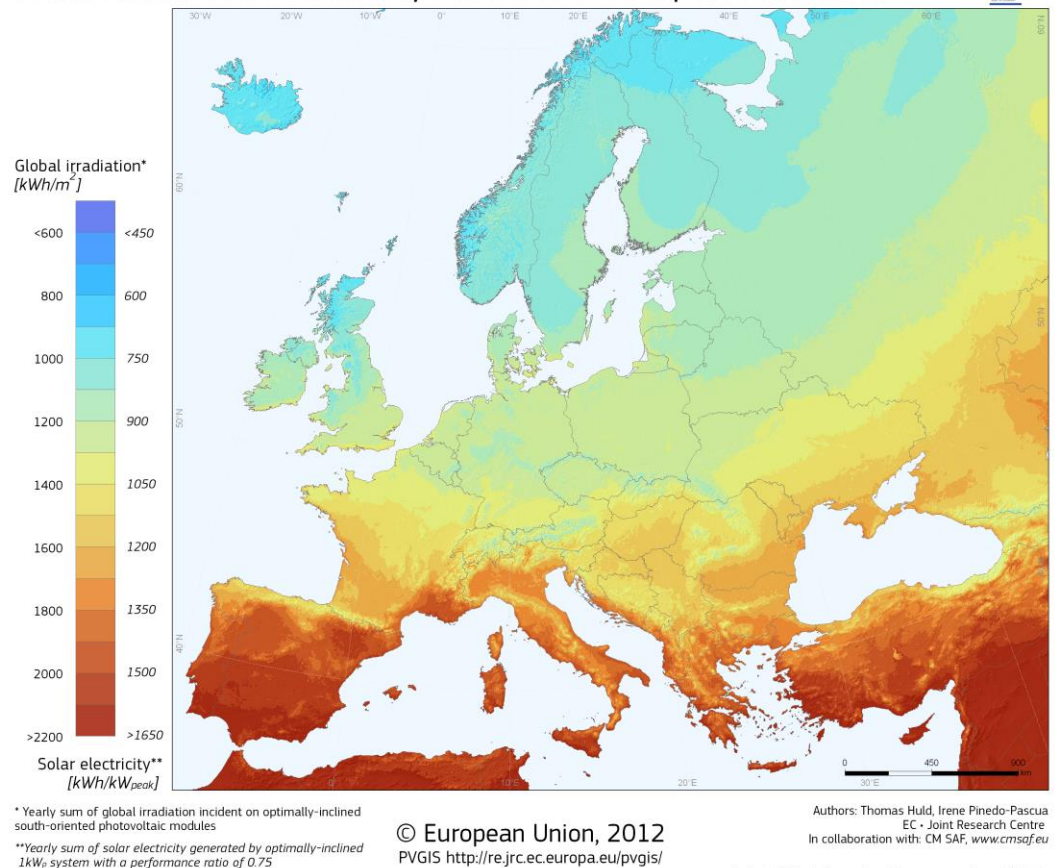
Toisessa osassa opinnäytetyötä tutkitaan aurinkoenergian hyödyntämistä ja optimointia omakotitaloissa. Miten aurinkoenergiaa voisi hyödyntää omakotitaloissa ja mitä vaihtoehtoja siihen on? Aurinkoenergian hyödyntämistä tutkitaan lämminvesivaraajan ja sähkölämmityksen erilaisten ohjauksien kautta. Tutkimus tehdään kokeilemalla ohjausvaihtoehtojen toimintaa kahdessa eri omakotitalossa ja seuraamalla pilvipalveluun kerätyistä tiedoista eri vaihtoehtojen toimivuutta. Lämminvesivaraajan ohjauksessa havaittuja asioita tullaan hyödyntämään jatkokehityksessä sähkölämmitteisen, aurinkovoimalalla varustetun talon lämmityksien ohjauksissa.

2 AURINKOENERGIA

Auringon säteilemän energian hyödyntämistä sähkö- tai lämpöenergiana, sanotaan aurinkoenergiaksi. Yleensä sillä tarkoitetaan erityisesti suoraa säteilyenergian hyödyntämistä aurinkokennojen tai aurinkokeräimien avulla. Aurinkoenergia on uusiutuvaa energiaa, ja sen tuotannosta ei synny päästöjä, näin ollen aurinkoenergia katsotaan kuuluvaksi cleantech tekniikoihin. Jätettä syntyy vain laitteiden valmistuksen, asennuksen tai kierrätyksen yhteydessä. Suomessa mitattu auringon kokonaissäteily koostuu suoraan auringosta tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Säteilyn määrää mitataan tehona tunnissa neliömetrille, kWh/m². Hajasäteilyllä tarkoitetaan ilmakehän ja pilvien heijastamaa säteilyä sekä maasta heijastuvaa hajasäteilyä. Säteilyn määrä on esitetty kuviossa 1. Suomessa kokonaissäteily on samaa luokkaa kuin Pohjois-Saksassa. Selvin ero Suomen kokonaissäteilyssä verrattuna Pohjois-Saksaan on, että Suomessa säteilyn paras tuotanto on luonnollisesti kesäkuukausina.

Kokonaissäteilystä on noin puolet hajasäteilyä Etelä-Suomessa. Tästä johtuen hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä on merkittävä. Koska Suomessa iso osa aurinkopaneeleihin osuvasta säteilystä on hajasäteilyä, aurinkoa seuraavia aurinkosähköjärjestelmiä ei ole Suomessa kannattavaa rakentaa. Energiatuotannon kannalta ei ole merkitystä, onko säteily suoraa säteilyä vai hajasäteilyä. (Motiva 2016.)

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



KUVIO 1. European Commission (JRC), Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe (JRC 2012)

Vedestä, kiiltävistä kattopinnoista ja lumesta heijastuva säteily lisää kallistetuille paneeleille tulevaa kokonaissäteilyä. Tästä syystä kallistuskulma vaikuttaa selvästi aurinkopaneeleille tulevan kokonaissäteilyn määrään. Kallistaminen ja suuntaus lisäävät säteilymäärää hetkellisesti jopa yli 20 prosenttia. Suuntaamalla paneelit etelään ja kallistamalla 30 - 45 asteen kulmassa, voidaan lisätä tuotantoa vaakasuoraan asennettuihin verrattuna vuositasolla 20 - 30 prosenttia. Pohjoisemmassa Suomessa on pitkät valoisat kesät ja yötön yö, siitä huolimatta Ilmatieteen laitoksen mittausten mukaan Helsingissä vuotuinen säteilymäärä 980 kWh/m² ja Sodankylässä vain noin 790 kWh/m² vaakasuoralle pinnalla. (Motiva 2016.)

2.1 GreenEnergy Finland Oy

GreenEnergy Finland perustettiin vuonna 2010 Lappeenrannassa energia-alan ammattilaisten toimesta. Yrityksen tavoitteena on toimittaa luotettavaa ja kustannustehokasta, puhdasta sähköntuotantoa kaikkien saataville. Yrityksen asiakkaina ovat yksityisasiakkaat, kunnalliset toimijat sekä teolliset toimijat. Yritys toimii Suomessa ja kansainvälisillä markkinoilla.

GreenEnergy Finland pyrkii kehittämään älykkäitä aurinkoenergia järjestelmiä kaikille asiakkaille. Tavoitteena on saada aurinkoenergian hyödyntäminen tehokkaaksi asiakkaiden tarpeet huomioiden.

Referenssejä onkin kertynyt omakotitaloista, maatiloista, teollisuudesta sekä kunnallisilta toimijoilta. Myös energiayhtiöt ovat tärkeä osa yrityksen asiakaskuntaa. (GreenEnergy Finland Oy 2016a.)

Suomessa, aurinkovoimaloista suurin on Helen Oy:lle toimitettu 853 kWp voimala. Voimala on Helsingissä Kivikon hiihtohallin katolla. Tässä voimalassa on 2992 korkean hyötysuhteen aurinkopaneelia, sekä Suomen ja Pohjois-Euroopan ensimmäinen ABB:n MWS (Megawatt Station) aurinkovoimala, jonka AC teho on 1 MW. GreenEnergy Finland Oy toimitti aurinkosähkövoimalan Helen Oy:lle. Voimalan vuosituotanto ylittää noin 700 megawattituntiin, mikä vastaa noin 350 kerrostalokaksion vuosikulutusta. (Aurinkovoimala.net 2016.)

2.1.1 ABB -aurinkosähköjärjestelmät

GreenEnergy Finland Oy toimii ABB -aurinkosähköjärjestelmien integraattorina. ABB on maailman johtavia sähkövoima- ja automaatioteknologiayrityksiä. Yrityksessä kehitetään teknologioita, jotka parantavat yrityksen asiakkaiden kilpailukykyä. ABB toimii yli 100 maassa ja sillä on toimistot 87 maassa. Maailmanlaajuinen toiminta mahdollistaa paikallisen tuen tarjoamisen eri maissa oleville asiakkaille. (ABB 2016.)

2.1.2 Fronius -aurinkosähköratkaisut

Fronius International GMBH on Itävaltalainen perheyritys. Solar Energy Division on toiminut aurinkosähköalalla jo vuodesta 1992. GreenEnergy Finland Oy käyttää Froniuksen valmistamia inverttereitä ja latausohjaimia. GreenEnergy Oy:n yleisimmin käyttämät invertterit ovat Fronius Symo malleja. Fronius tarjoaa myös pilvipalvelut ja selainpohjaiset käyttöliittymät aurinkoenergian käyttäjille. (Fronius 2017a.)

2.1.3 Cleantech Finland

GreenEnergy Finland Oy on ollut Cleantech Finland jäsenyritys lokakuusta 2015 alkaen. Cleantech Finland on cleantech-alan yritysten ja asiantuntijoiden verkosto. Älykäs energiantuotanto ja käyttö säästävät rahaa ja ympäristöä. Lähes 40 % suomalaisesta energiasta on jo tuotettu kestävillä menetelmillä, ja aurinkoenergia on yksi puhtaimmista energian lähteistä. Cleantech Finland tavoitteet energian käytöstä, sopivatkin hyvin yhteen GreenEnergy Finland Oy:n tavoitteisiin ja yritys käyttää myös markkinoinnissa Cleantech Finlandin tukea.

Suomessa on karu ilmasto, eikä meillä ole omia fossiilisten polttoaineiden varantoja. Ilmaston vuoksi energiankulutuksemme on korkea ja polttoaineiden tuontikin on kallista. Siksi teollisuudessa ja yhteiskunnassakin on kannattavaa pyrkiä minimoimaan energiankulutusta. Asukaslukuun suhteutettuna Suomi onkin maailman johtava tutkija energia- ja ympäristöaloilla. Yli kolmasosa Suomen julkisista T&K-investoinneista tehdään cleantechiin.

Cleantech Finland tuo maailman parhaita cleantech ratkaisuja ja osaamista yrityksille ja julkisen sektorin organisaatioille, joilla on ratkaisuja vaativia ympäristö- tai energiatehokkuusongelmia. (Cleantech Finland 2016.)

2.2 FinSolar

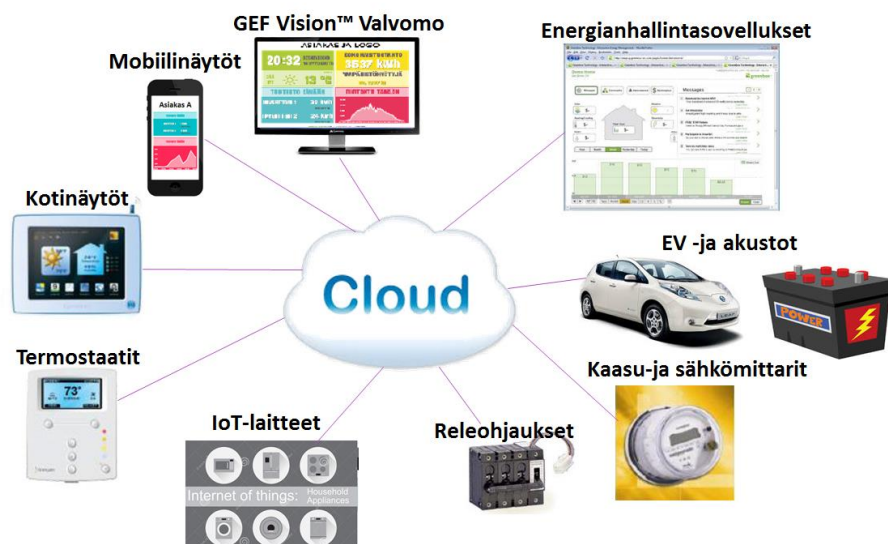
Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulun Tekes-rahoitteinen FinSolar -hanke tähtää suomalaisen aurinkoenergian kasvun vauhdittamiseen.

GreenEnergy Finland on yksi noin viidestäkymmenestä yritys- ja organisaatiokumppanista. FinSolar tukee suomalaisen aurinkoenergian kasvua kotimaassa ja kansainvälisesti. FinSolar hankkeessa GreenEnergy Finland Oy on mukana kehittämässä energiankäytön ohjauksia ja olemalla mukana tässä, yritys saa kehitystyöhönsä mm. yliopiston tutkimustietoa. (Aalto Yliopisto 2016.)

3 GEF VISION™ JATKUVASTI KEHITTYVÄ OHJAUS

Aurinkoenergian käyttö lisääntyy Euroopassa ja myös Suomessa. Sähköenergian omavaraisuus on Suomessa 2014 keskimäärin 78 %. Tästä osuudesta oli verkkoon kytketty aurinkoenergian kapasiteetti vuonna 2015 noin 8-10 MW. Aurinkoenergian ohjausta hoidetaan pääosin inverttereillä ja niiden ohjelmistoilla. Invertterien ohjauksen ohjelmisto on keskittynyt pääasiassa aurinkopaneeleilta tulevan energian ohjaukseen sähköverkkoon. Invertterit alkavat tuottaa sähköä ohjelmistossa asetettujen parametrien perusteella. Sähkötuotanto pyritään hyödyntämään kiinteistön omassa kulutuksessa. Inverttereissä ei kuitenkaan ole ominaisuuksia, joilla pystytään ohjaamaan kiinteistön kulutusta saatavan aurinkoenergian mukaan. Samoin hyvin harvassa invertterissä on mahdollisuutta käyttää myös akkuja sähköenergian varastointiin. (GreenEnergy Finland Oy 2016a.)

Aurinkoenergian saatavuuden ennustettavuus ei myöskään sisälly aurinkojärjestelmien invertterien ominaisuuksiin. Inverttereihin on saatavilla lisävarusteena esimerkiksi säteilyn mittauksia ja tuulimittareita. Lisävarusteilla ei kuitenkaan pyritä saavuttamaan ennustettavuutta.



KUVIO 2. GreenEnergy Finland Oy:n GEF Vision™ GreenEnergy Finland Oy 2016)

GreenEnergy Finland Oy:ssä kehitetään Gef Vision™ ohjausta koko ajan. Tässä osassa opinnäytetyötä selvennetään millainen ja mihin tarkoitukseen Gef Vision™ ohjausta käytetään ja mitä siihen sisältyy tällä hetkellä.

Ohjausjärjestelmällä pyritään ohjaamaan energian käyttöä älykkäästi, huomioiden sääennusteet. Ohjausjärjestelmän kaavio on esitetty kuviossa 2. Kuviossa ei ole esitetty GEF vision Valvomoon™ liittyvää aurinkovoimalan tiedonkeräystä, koska kuviossa on esitetty aurinkovoimalaan liittyvät palvelut ja laitteet. Järjestelmällä on tarkoitus ohjata myös kulutuslaitteita, kuten esimerkiksi lämmitystä ja kuumavesivaraajaa. Akkujen käyttö energiavarastona liittyy olennaisena osana GreenEnergy Finland Oy:n ohjauksia ja tällä hetkellä painopiste onkin siirtynyt juuri tähän. Kuviossa 3 olevat IoT-laitteet tullaan liittämään IoT-Hubin avulla pilvipalveluun.



KUVIO 3. Omakotitalon aurinkoenergia ohjaus ratkaisut (GreenEnergy Finland Oy 2016)

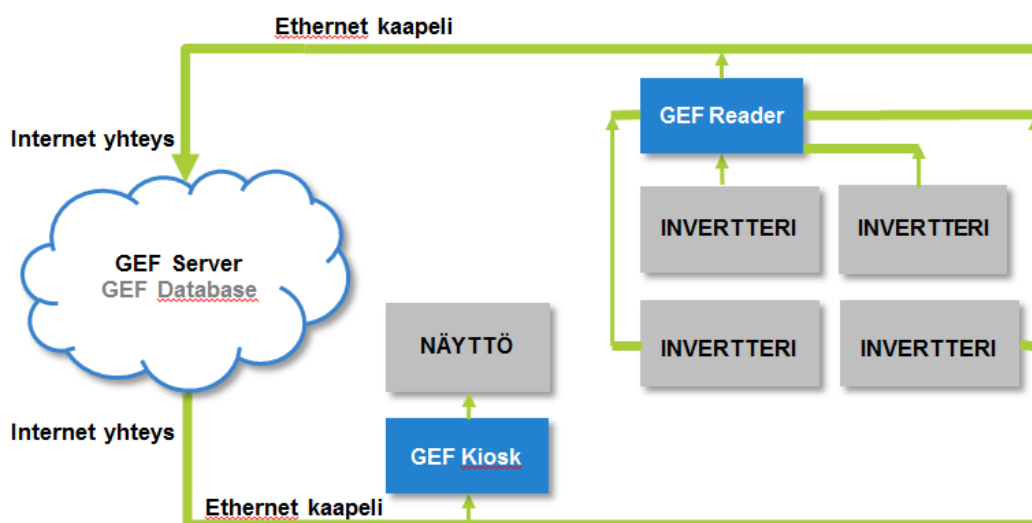
Ohjausjärjestelmässä pyritään huomioimaan sääennusteita käyttämällä esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen ennusteita. (GreenEnergy Finland Oy 2016)

3.1 Inverttereiden tuotantotietojen lukeminen

GreenEnergy Finland Oy:ssä on käytössä lukuisia eri valmistajien inverttereitä, vaikka ABB onkin pääyhteistyökumppani.

Ohjausjärjestelmien ohjelmissa pyritään huomioimaan eri merkkisten ja eri tiedonsiirtoprotokollaa käyttävien invertterien vaatimukset.

Ohjausjärjestelmän toteutukseksi valittiin mini PC, jossa on Linux käyttöjärjestelmä. Mini PC liitetään inverttereihin Ethernetillä, RS485 sarjaliikenteellä, Modbus RTU tai Modbus TCP/IP-väylällä. Lisäksi käytössä on myös valmistajien omia protokollia, kuten ABB:n Aurora protokolla, joka on lähellä Modbus RTU protokollaa. Mini PC:llä toteutettu invertterien lukuohjelma ja laitteet ovat tuotteistettu ja nimetty GEF Readeriksi. GEF Reader liittyy laajempaan tuoteryhmään, GEF-vision™, jonka toiminnallinen periaate on kuvattu kuviossa 4.



KUVIO 4. GEF-vision™ toiminnallisuus kaavio (GreenEnergy Finland Oy 2016b)

GEF Reader laitteille on ohjelmoitu aurinkovoimalan tuotantotietojen lukuohjelma. Ohjelma rakentuu liitäntärajapinnan protokollien määrittelystä, varsinaisesta lukuohjelmasta, tietojen väliaikaisesta tallennuksesta ja kirjoituksesta Ethernet-verkon kautta pilvipalvelussa sijaitsevaan tietokantaan. GreenEnergy Finland Oy käyttää tällä hetkellä

palvelutarjoajan UpCloud pilvipalveluja ja tietojen tallennukseen tietokantana on InfluxDB.

3.1.1 GEF Reader liitäntä inverttereihin

Ethernet-liitäntä tai Modbus TCP/IP-liitäntä invertteriin tehdään käyttäen suojattua CAT-6 standardin täyttävää kaapelia tai WLAN-langatonta Ethernet-verkkoa käyttäen. Ethernet-liitännän käyttö edellyttää invertterien parametreista oikean IP-ositteen määrittämistä. Kaikissa inverttereissä ei ole valmiina Ethernet-liitäntää, vaan se toteutetaan lisäämällä Ethernet kommunikointi lisäkortilla. Kuvion 4 mukaisessa tilanteessa, käytetään reititintä GEF Reader mini-PC:n ja invertterien välissä. Näin menetellen saadaan myös IP-avaruus määritettyä halutuksi.

Modbus RTU ja sarjaliikenne ratkaisut toteutetaan häiriösuojatulla kupari kaapelilla. Modbus RTU:ta / RS485 käytettäessä, ja mini-PC:n ollessa samassa tilassa inverttereiden kanssa, GEF-readeriin lisätään RS485 muunnin. Mikäli mini-PC ja invertterit sijaitsevat kaukana toisistaan tai rakennuksen eri tiloissa, lisätään invertterien läheisyyteen Modbus RTU / Modbus TCP/IP-muunnin, jolloin tiedonsiirto voidaan tehdä Ethernet-väylällä kiinteällä kaapeloinnilla, Wifi-verkolla tai esimerkiksi valokuitua käyttäen. Modbus RTU vaatii lähtevään päähän, invertterille ja GEF-readerille, muuntimelle päätevastuksen eli terminaattorin. Joissakin inverttereissä on valmiina piirilevyssä päätevastus, joka otetaan käyttöön parametrilla tai valintakytkimellä.

Edellisten väyläliitännöiden lisäksi on käytössä näiden molempien yhdistelmiä sekä muun muassa Bluetooth-yhteyksiä. Näin ollen tuotantotietojen lukeminen inverttereiltä on oltava joustava ja muunneltavissa oleva kokonaisuus.

3.1.2 GEF Reader toteutus

GEF Reader toteutettiin käyttämällä Mini PC:tä jossa on Linux käyttöjärjestelmä. GEF Readeriin asennettu invertterien luku ohjelma

toteutettiin Python ohjelmointikielellä ja ohjelman toimivuus testattiin GreenEnergy Finland Oy:ssä tällä hetkellä toimituksessa olevilla invertteri merkeillä ja malleilla. Testatut ja käytössä olevat liitäntärajapinnat ovat käytössä muun muassa seuraavien valmistajien inverttereihin: ABB, SMA, Fronius ja Kostal. Näiden lisäksi GEF Reader soveltuu paneeliketjujen virranmittaus laitteiden ja RS485/Modbus muuntimien tietojen lukemiseen. Liitteessä 1 on esitelty invertteri liitynnän toimintakaavio.

3.2 Pilvipalvelun valinta Gef Vision™ ohjelmistojen laajennukseen

Tietokannat ja ohjelmistot päätettiin sijoittaa pilvipalveluun. Sopivan pilvipalvelun valinta suoritettiin vertailemalla palvelujen hinnoittelua, ominaisuuksia sekä pilvipalvelun sijaintia. Vertailun kohteeksi valittiin kolme pilvipalvelua, joista kaikista oli yrityksessä aiempaa kokemusta. Tärkeimmät ominaisuuksien vertailun helpottamiseksi, GreenEnergy Finland Oy:n ohjelmointiosastolla koostettiin taulukko 1, joka on esitetty alla.

TAULUKKO 1. Pilvipalvelujen vertailu, taulukko on koostettu GreenEnergy Finland Oy:llä

Prices of preconfigured servers

	UpCloud		Nebula virtual server		Nebula Cloud 9 prepaid	
Month agreement	18 €/mo	35 €/mo	90 €/mo	158 €/mo	50 €/mo	95 €/mo
Year agreement					39 €/mo	74 €/mo
Memory	2 GB	4 GB	4 GB	8 GB	4 GB	8 GB
CPU Cores	2 CPU	4 CPU	1 CPU	4 CPU	2 CPU	4 CPU
Disk	50 GB	100 GB	50 GB	100 GB	50 GB	100 GB
Transfer	3 TB	4 TB	Infinite?	Infinite?	Infinite?	Infinite?
Over package	5c/GB	5c/GB				
Trial period	3 days	3 days	?	?	60 days	60 days
24/7 maintenance	-	-	x	x	x	x
Backups	5 c/GB/kk	5 c/GB/kk	x	x	?	?
Technical support	-	-	x	x	?	?

* Price converted from USD to EUR on 26.8.2016

Ohjelmiston käyttöön valittiin UpCloud pilvipalvelu. Vertailussa olleiden pilvipalveluiden tärkeimmät ominaisuudet ovat koottu yrityksessä ja esitetty liitteessä 2. Valinta perustui tallennuskapasiteettiin, pakettien siirtonopeuteen ja varmennustoimintojen lisäksi hinnoitteluun. Pilvipalvelujen ominaisuuksia ja soveltuvuutta käyttöön testattiin palvelujen

tarjoamalla kokeilujaksolla. Tärkeä asia palvelun valintaan oli myös palvelun tuottajan kotimaisuus.

UpCloud on kansainvälisillä markkinoilla toimiva, tuntihinnoiteltua palvelinkapasiteettia tarjoava toimija. UpCloud tarjoaa palvelujaan itsepalveluperiaatteella vaativille asiakkaille erityisen kustannustehokkaaseen hintaan. UpCloudin palvelu aloitti Suomessa toukokuussa 2012 ja palvelu aloitti toimintansa kansainvälisillä markkinoilla kevästä 2013 lähtien. Tällä perusteella voidaan arvioida palvelun tarjoajalla olevan jo hyvin kokemusta toiminasta. (UpCloud 2016a.)

GreenEnergy Finland Oy:ssä päädyttiin käyttämään Frankfurt konesalin palveluita, koska näin tallennettu data säilyy EU-alueella. Frankfurt on valikoitunut sijaintipaikaksi lähinnä edullisemmän kustannustasonsa vuoksi. Kaikki data siis säilötään nyt ja jatkossa EU-alueella, tarvittaessa data voidaan siirtää Suomen konesaliin. Jos GreenEnergy Finland Oy tulevaisuudessa lukee asiakkaan sähkönkulutuksen mittaustietoja ja tallentaa ne pilvipalvelun tietokantaan, on huomioitava Valtioneuvoston päätös sähkömarkkina-alueesta (386/1995), alla ote laista.

”Verkonhaltijan asiakkaalla on oikeus ilman erillistä korvausta saada käyttöönsä omaa sähkönkulutustaan koskeva mittaustieto, jonka verkkonhaltija on kerännyt asiakkaan sähkökäyttöpaikan mittauslaitteistosta. Tuntimittauslaitteiston keräämä tieto on saatettava asiakkaan käyttöön viimeistään samanaikaisesti kuin se on luovutettu tai valmistunut luovutettavaksi tämän sähköntoimittajalle. Tieto luovutetaan sähkökäyttöpaikka- tai mittauskohtaisesti sellaisessa muodossa, joka vastaa toimialan ja verkkonhaltijan yleisesti noudattamaa menettelytapaa. Mittaustiedon luovuttamiseen muulle kuin tässä asetuksessa säädetyille taholle on oltava asiakkaan suostumus.” (Finlex 2009.)

3.3 Tietokanta Gef Vision™ ohjelmistoprojektissa

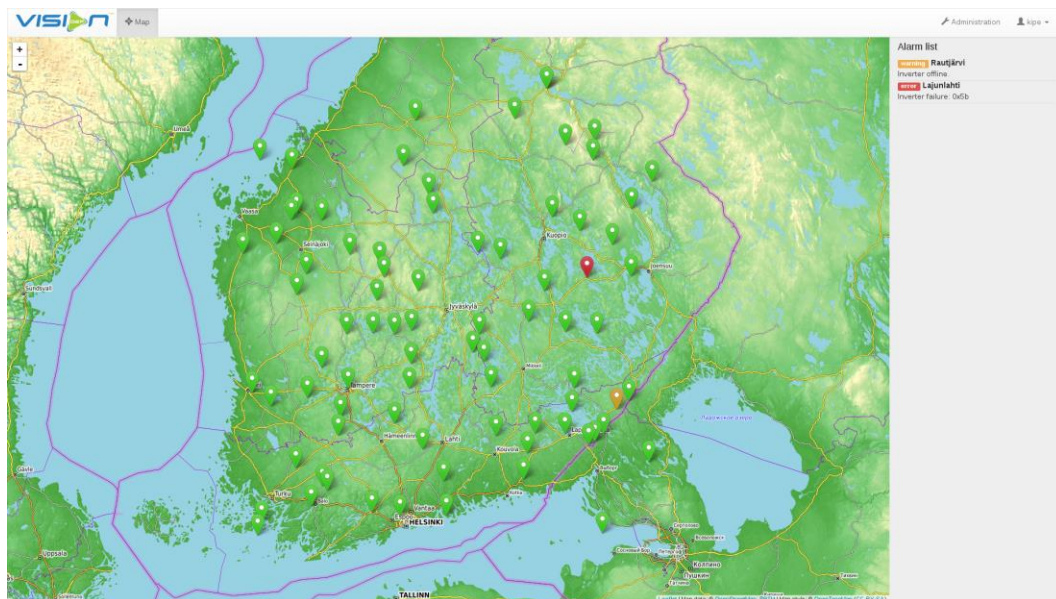
Ohjelmiston tietokannaksi valikoitui InfluxDB. InfluxDB on avoimen lähdekoodin tietokanta. Tietokanta on suunniteltu erityisesti käsittelemään aikasarjatietoja. InfluxDB käytettävyys on hyvä ja sillä on korkea suorituskyky. InfluxDB asentamiseen menee aikaa vähän, ja se on joustava ja skaalautuva tietokanta. (Influxdata 2017.)

Valinta perustui edellä mainittuihin ominaisuuksiin. Erittäin tärkeänä ominaisuutena pidettiin aikasarjatietojen käytettävyyttä ja sen soveltuvuutta aurinkojärjestelmien tiedon tallentamiseen. Hyvä käytettävyys ja tietokannan rakenne mahdollistavat myös tehokkaan käytön ja näin saadaan tietokanta pysymään kohtuullisen kokoisena. GreenEnergy Finland Oy:llä oli myös vahva aiempi kokemus InfluxDB:n käytöstä Lappeenrannan yliopistolla opiskellessa ja työskennellessä. Aiempaa kokemusta ja osaamista pidettiin myös tärkeänä kustannustehokkaan ajankäytön kannalta.

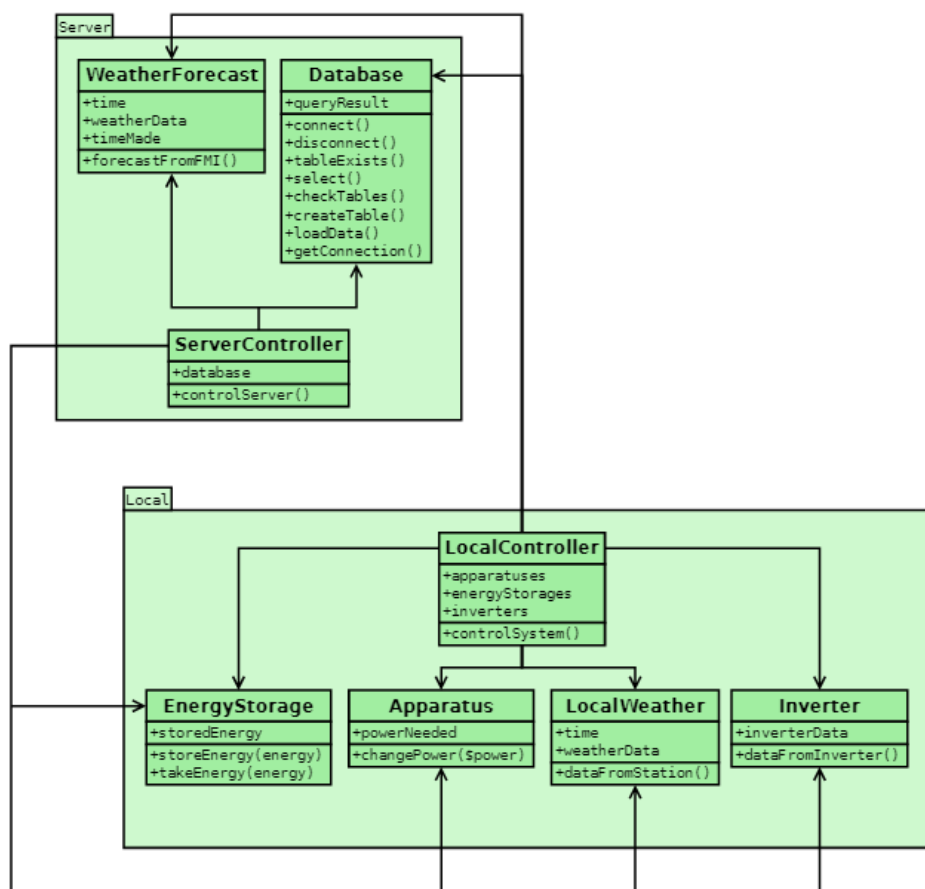
Ohjelmallisesti tietokantaan kirjoittaminen ja lukeminen, ei juuri eroa esimerkiksi Microsoftin SQL käytöstä. Samankaltaisuus helpottaa ohjelmointityötä ja mahdollistaa myöhemmin mahdollisesti eteen tulevan tietokannan vaihtamisen.

GreenEnergy Finland Oy:ssä pilvipalveluun asennettiin Grafana liitännäinen. Grafana liitännäisen avulla voi tehdä kyselyjä tietokantaan sekä visualisoida tietokannan tietoja. Lisäksi sillä voi luoda varoituksia ja helpottaa datan ymmärrystä, riippumatta siitä, missä muodossa ne on tallennettu. GEF-Vision™:ssa Grafanaa käytetään web-käyttöliittymissä esimerkiksi aurinkosähköllä tuotettujen energia-graafien luomisessa. (Grafana Lab 2017.)

Gef-Vision™ valvomo näyttö on esitetty kuviossa 5 ja luokkakaavio kuviossa 6.



KUVIO 5. Aurinkovoimaloiden valvomo näyttö GEF-Vision™ (GreenEnergy Finland Oy 2016)



KUVIO 6. GEF-vision™ luokkakaavio (GreenEnergy Finland Oy 2016)

3.4 Gef Vision™ järjestelmän tietoturvallisuus

Pilvipalvelu itsessään on rakennettu Python-ohjelmointikielellä toteutetun Django Web viitekehysten päälle, jolla on varsin hyvä tietoturvahistoria. Tiedossa on vain kaksi vakavaksi luokiteltavaa haavoittuvuutta vuodesta 2009 lähtien. Django on Python Web alusta, jonka selkeä ja käyttäjäystävällinen käyttöliittymä parantaa ohjelmakehitystä. Se on ilmainen ja avoimen lähdekoodin alusta, jonka kehittämisestä vastaa Django Software Foundation. Django Software Foundation on riippumaton voittoa tuottamaton säätiö. (Django Software Foundation 2016.)

Pilvipalvelun käytössä ja tiedon siirrossa kaikki autentikaatioon ja tietojen rajaamiseen liittyvät toimet hoidetaan Djangon puolella. Mittausdata, invertterien tilatiedot ja GEF readerin ohjausviestit, kuten esimerkiksi konfiguraation uudelleenlatauspyynnöt, kulkevat Mosquitto-palvelimen välityksellä. Mosquitto-palvelin hoitaa MQTT-protokollan mukaisen, kaksisuuntaisen kommunikaation laitteiden ja palvelimen välillä. Kaikki Mosquitto-palvelimen MQTT-viestit autentikoidaan Djangon tietokantaa vasten. (Django Software Foundation 2016.)

4 SÄÄTIETOJEN LUKEMINEN

Säättiedot perustuvat säähavaintoihin, joita saadaan tulkitsemalla erilaisia säähavaintoja sekä sääennustemalleja. GreenEnergy Finland Oy:ssä on tehty päätös käyttää Ilmatieteen laitoksen säätietoja aurinkoenergian älykkäisiin ohjauksiin. (Ilmatieteenlaitos 2017a.)

Avoimen datan käyttö soveltuu hyvin yrityksen ohjausjärjestelmän käyttöön. Suurin osa Ilmatieteen laitoksen tietoaaineisto on saatavilla veloitusetta. Laitoksessa tuotettujen lähdekoodien avaaminen on aloitettu 2016. Saadakseen datan käyttöönsä yrityksen tulee rekisteröityä käyttäjäksi. (Ilmatieteen laitos 2017b.)

Liikenne- ja viestintäministeriön mukaan julkisin varoin kustannetut tietoaaineistot tulee olla kansalaisten ja yritysten saatavilla. Tietoaaineistojen tehokkaampi hyödyntäminen on yksi hallituksen kärkihankkeista, jolla tavoitellaan digitalisaation kehittymistä ja laajempaa hyödyntämistä. (Liikenne ja Viestintävirasto 2017.)

Ilmatieteen laitos antaa ohjeet, joiden avulla saadaan pääsy aikasarjadataan. Rekisteröitymisellä saadaan yksilöllinen tunniste eli API-avain. Halutut tiedot voidaan ladata XML-muodossa, ja tähän on annettu ohjeissa esimerkkikoodi. (Ilmatieteen laitos 2017c.)

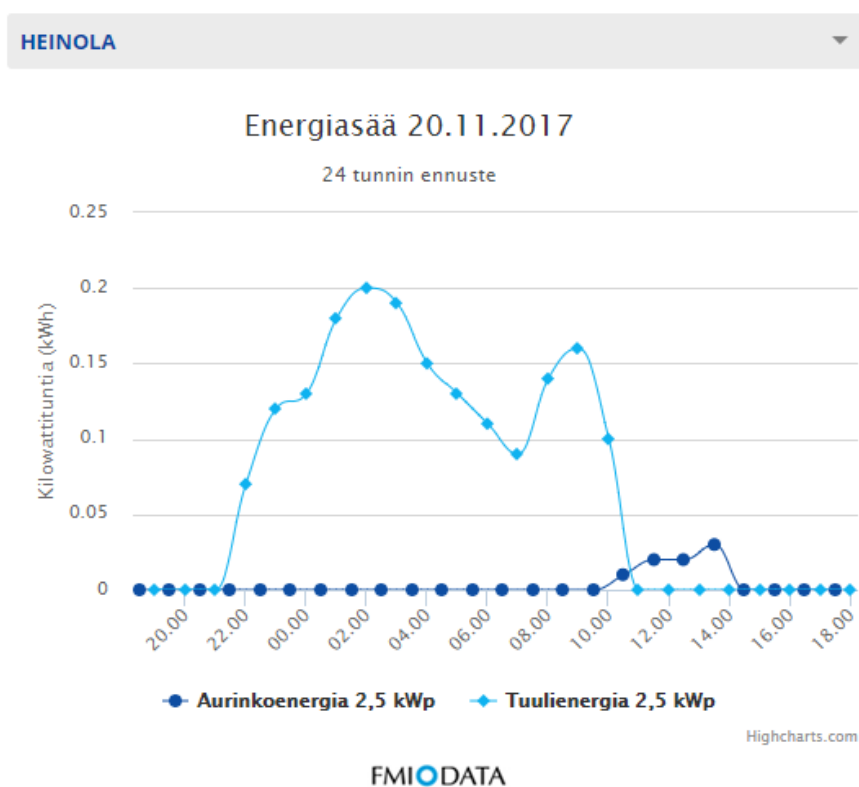
Avoimet lähdekoodit ovat saatavilla GitHubissa. Ilmatieteen laitoksen ohjelmistot julkaistaan pääasiassa MIT-lisenssillä. Julkaistavien ohjelmistojen lisenssit on hankittava tapaus kohtaisesti.

Avatuista aineistoista aurinkoenergiajärjestelmien kannalta kiinnostavampia ovat reaaliaikaiset, asemakohtaiset säähavainnot, kuten lämpötila-, sade-, pilvi- ja auringonsäteilyhavainnot. (Ilmatieteen laitos 2017d.)

Energiasääennusteen käyttö älykkään aurinkoenergian ohjausjärjestelmän osana on mielenkiintoinen lisä, joka kannattaa ottaa huomioon järjestelmän kehittämisessä. Energiasääennuste kertoo auringon paisteen

ja tuulen kilowattitunteina seuraavan vuorokauden aikana paikkakuntaakohtaisesti.

Bright Clouds – Dark Clouds eli BCDC Energia-tutkimushankkeessa aurinkopaneeleille sekä tuuliturbiineille on oletettu 2,5kWp huipputeho. Tällä tavalla ennuste on vertailukelpoinen sekä aurinko- että tuulivoimatuotannolle. Oulun yliopiston professori Rauli Svento toimii BCDC-konsortion johtajana. Ennuste perustuu HIRLAM-sääennustemalliin. Alla olevassa kuviossa 7 on Heinolan energiasääennuste marraskuulta 2017. Mielenkiintoista dataa on aurinkoenergian alkamis- ja päättymisajankohdat. Marraskuulla aurinkoenergiaa on niukasti saatavilla. (BCDC Energia 2017.)



KUVIO 7. Energiasää, Heinola (BCDC Energia 2017)

Vertailuna omakotitalon aurinkoenergia toteutunut mittausta samalta päivältä on esitetty kuviossa 8. Huomaamme, että ennusteen mukaisesti aurinkoenergiaa alettiin saada kello 10 jälkeen.



KUVIO 8. Energiasään vertailu, Heinola (Solarweb 2017)

4.1 Paikallisten säätietojen mittausvaihtoehtoja

Yksi edullinen vaihtoehto sääasemaksi on Suomen Lämpömittari Oy:n kautta saatava WeatherHub-sääasema. WeatherHub-sääaseman toimitus sisältää tarvittavan yhdyskäytävän, anturit lämpötilalle ja kosteudelle sekä sademittarin ja tuulimittarin. WeatherHub-sovelluksessa on mahdollista tarkastella monipuolisia tietoja sateen määrästä, tuulen voimakkuudesta ja suunnasta sekä lämpötila- ja kosteuslukemista. Sääaseman mittatiedot voi lähettää csv-tiedostona sähköpostiin. Sovelluksen yhdyskäytävää varten tarvitaan internetyhteys, joka muodostetaan kiinteällä LAN-kaapelilla. Signaalin kantavuus antureiden ja WeatherHub-sääaseman yhdyskäytävän välillä on n. 100 m vapaassa tilassa. (Suomen Lämpömittari Oy 2017.)

Toinen vaihtoehto on Davis Instrumentsin sääasema. Davis Instruments on yli 50 -vuotias yritys ja johtava sääasemien valmistaja Yhdysvalloissa Kaliforniassa. Davis Vantage Pro2 langaton sääasema on laadukas ja monipuolinen sääasema ammattilaiskäyttöön. Sääasemassa on lämpötila- ja kosteusanturit sekä sade- ja tuulimittarit. Asemaa on mahdollista laajentaa erilaisilla lisättävillä antureilla esim. maakosteus/lämpötila anturilla, lehtikosteus/lämpötila anturilla, auringonsäteily/pintahaihdunta anturilla, UV-indeksi anturilla tai lumensulatin varusteilla. Davis Vantage Pro2 sääasemalla voidaan mitata tuulen suunta, nopeus ja hyytävyys (360-astetta, 1 – 67 m/s). Ilmanpaineen mittauksessa saadaan ilmanpaine ja sen tendenssi, numeroarvona ja 24h graafi (880 – 1080 hPa). Sisälämpötilasta mitataan suhteellinen kosteus (0 – 60C, 0-100 %) ja ulkolämpötila sekä suhteellinen kosteus (-40 – 65C, 0-100 %). Lisäksi ulkoilmasta mitataan kaste- ja kuurapisteet sekä lämpö/kosteusindeksi, sademäärä ja sateen voimakkuus (0 – 9999 mm, tarkkuusväli 0,2 mm). Lisäksi sääasemassa on kello ja kalenteri, auringon nousu ja lasku ajat sekä kuun vaiheet. Sääasemasta saadaan elektroninen sääennustus ja sääasemassa on hälytystoiminto. Davis Vantage Pro2 sääasemaan on saatavilla myös laajempi tiedonkeräys yksikkö, joka voidaan kytkeä suoraan internet-reitittimen RJ45-porttiin. (Davis 2017.)

Suomen Lämpömittari Oy:n kautta saatava WeatherHub-sääasema olisi varmasti kehityshankkeeseen edullisempi vaihtoehto, jonka testaus ja soveltaminen GreenEnergy Finland Oy:n käyttöön voidaan ottaa harkintaan. Jos paikallinen sääasema jaetaan esimerkiksi useamman vierekkäisen taloyhtiön käyttöön, laadukkaampi Davis Vantage Pro2 sääasema on hyvä valinta.

5 IOT-HUBILLA LUETTAVAT TIEDOT

Omakotitalojen ja internetin teknologia ja sensorit kehittyvät nyt jopa perinteistä tietotekniikkaa nopeammin ja Elisan mukaan myös todellisia IoT-pohjaisten ratkaisujen edelläkävijöitä löytyy, vaikka valtaosa yrityksistä vasta digitaalisen taipaleensa alkumetreillä. IoT:n hyödyntämisessä on lähdetty liikkeelle ja lisää kilpailua alalle syntyy. Määränpäänä on sujuvampaa arjen myötä tapahtuva tuottavuuden nousu. (Elisa 2016.)

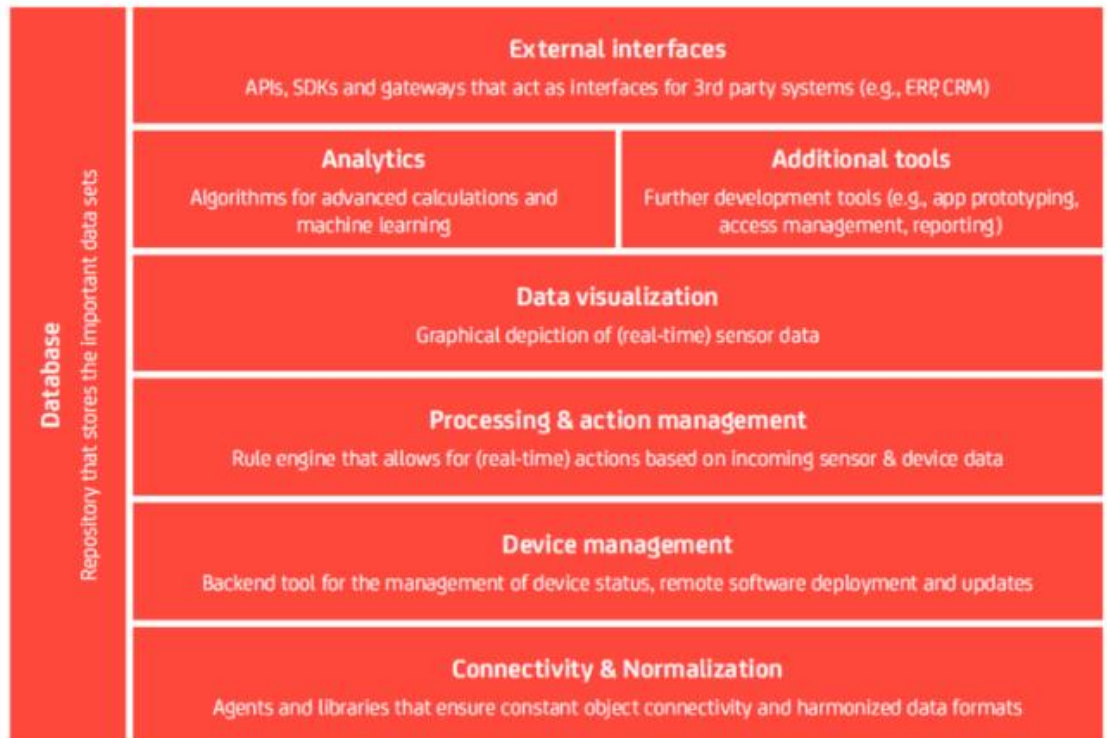
IoT-sensoreilta ja laitteilta luettavia tietoja ovat: paikallinen sää, auringon säteily, ulkoilman lämpötila, ilmankosteus, tuulen suunta ja voima, pilvipetto, invertterien energian tuotanto tiedot, akun varaustila, lämmitys tarve, jäähditys tarve, sähkön kulutus, asunnon lämpötila, ilmastointi teho, hälytysjärjestelmä ja lukot, kodinkoneet, sähköauton lataustiedot. (GreenEnergy Finland Oy 2016.)

5.1 IoT-Hub valinnan lähtötietoja

IoT-Hub-alustojen kartoitus liittyy opinnäytetyön toiseen tutkimuskysymykseen. Tässä osassa työtä haetaan ratkaisuja, millä ohjelmistoa voidaan laajentaa.

IoT-Hub-alusta voi sisältää erilaisia toimintoja aina yksinkertaisesta pilvipalvelusta moniosaiseen palveluun, jolla laitteita voidaan hallita ja päivittää. Laaja ja monipuolinen "end-to-end" IoT-alusta (kuvio 9) sisältää kahdeksan komponenttia. Alustaan kuuluvia komponentteja ovat: liitettävyyden ja normalisointi, yhdistettyjen laitteiden laitehallinta, tietokanta, prosessihallinta, analytiikka, visualisointi, ulkoiset rajapinnat ja lisätyökalut. Yleensä alustat sisältävät osan tai kaikki edellä mainituista komponenteista eri mittakaavoissa. (IoT Analytics 2016.)

Kaikki myynnissä olevat IoT-alustat eivät täytä kaikkia kahdeksaa vaatimusta, vaikka monet markkinoivat tuotteitaan täydellisinä alustoina. Suunnittelijan pitää ottaa selvälle mitä eri ominaisuuksia alustat sisältävät. (Collin & Saarelainen 2016, 230.)



KUVIO 9. IoT Analytics "end-to-end" IoT alusta (IoT Analytics 2016)

Kuviossa 9 ensimmäisenä komponenttina on liitettävyys ja normalisointi. IoT-alustassa liitettävyys-kerros on se, jonka kautta järjestelmään yhdistetään eri sensorit. Sen avulla myös eri protokollat ja dataformaatit tuodaan omaan, yhtenäiseen järjestelmään. Laitedatan on hyvä olla samassa paikassa, jotta IoT-laitteita voidaan seurata, hallita ja analysoida. (IoT Analytics 2015.)

Toinen komponentti kuviossa 9 on laitehallinta. IoT-alustan laitehallinnan moduuli varmistaa, että yhdistetyt laitteet toimivat oikein ja niiden ohjelmistot ovat ajan tasalla ja käynnissä. Tämän moduulin kautta pystytään ratkaisemaan ongelma automaation avulla sekä etähallintaa ja ohjelmistojen päivitysten hallintaa. IoT- alustaan voi olla kytkettynä tuhansia tai jopa miljoonia eri laitteita, ja niiden yhtäaikainen hallinta pitää suorittaa automaatiolla. Automaatio onkin tärkeä osa IoT-alustaa. (IoT Analytics 2015.)

Kolmas komponentti on tietokanta ja datan tallennus. Big datan eli suurten datamassojen piirteiden kanssa yhtenäistä on laitedatan hallinta, joka

asettaa tietokannalle omia vaatimuksia. Data voi olla hyvinkin erityyppistä, epätarkkaa ja tulkinnanvaraista. Silti datavirtoja on pystyttävä analysoimaan nopeasti. Alustaan yleensä liittyy pilvipohjainen datavarastointi, johon pystytään tallentamaan sekä rakenteista, että rakenteetonta dataa. (Collin & Saarelainen 2016, 231.)

Neljäs komponentti on prosessointi ja toimintojen hallinta. Kerätyllä datalla voidaan ohjata esimerkiksi toimintoja päälle ja pois. Datalle voidaan määrittää raja-arvoja, joilla voidaan saada aikaan haluttuja toimintoja. Teknisesti tämä pohjautuu yksinkertaiseen if-this-then-that sääntöön (IFTTT). (IoT Analytics 2015.)

Analytiikka on viides komponentti. Vastaavuuksia ja syy-yhteyksiä ei kaikkia voida ennalta tietää eikä määrittellä valmiiksi, lisäksi useimmat IoT:n käyttötapaukset ovat niin vaativia, että tarvitaan analytiikkaa. Tätä varten hyvä alusta sisältää oman analytiikkamoottorinsa. Analytiikassa on voitava luoda koneoppimisen tyyppisiä algoritmeja, jotka oppivat datasta ja tapahtumista jatkuvasti. Myös alemman tason järjestelmien ohjelmistokoodiin voidaan viedä luotuja algoritmeja. (Collin & Saarelainen 2016, 231.)

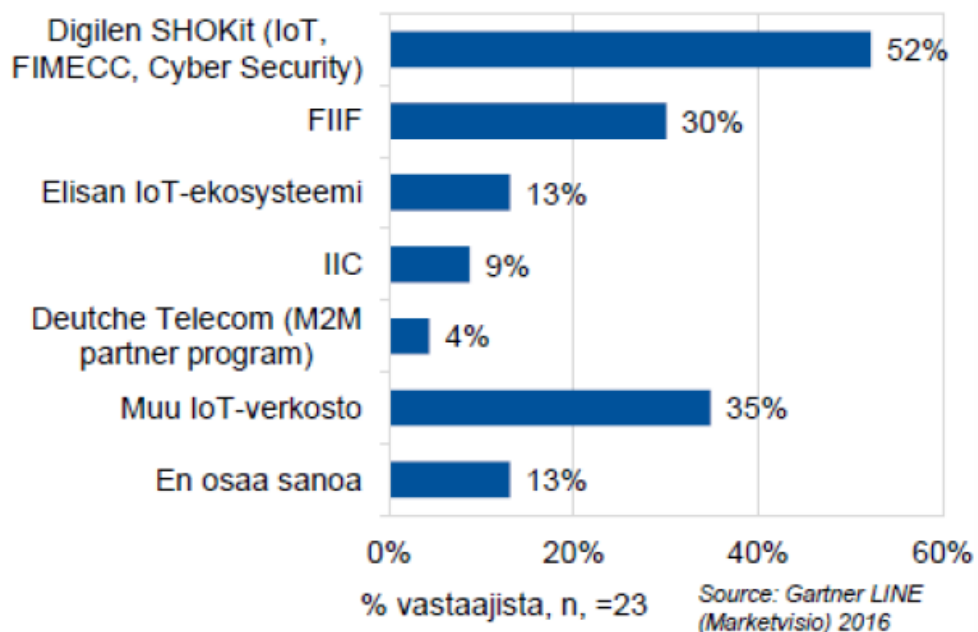
Komponentti kuusi on datan visualisointi. Visualisointia käytetään esimerkiksi erilaisiin mittaristoihin, graafeihin. Visualisoinnilla voidaan tehdä yhteenvetoja datasta tai kolmiulotteisia mallinnuksia. Ohjauspaneeli sisältyy kehittyneissä alustoissa myös alustan ylläpitäjän työkaluihin. (Collin & Saarelainen 2016, 232.)

Kuviossa komponentti seitsemän on muut työkalut. Edistyneemmissä IoT-alustoissa on työkaluja kehittäjälle sekä ylläpitäjälle. IoT-alustoista löytyy kehitys-, hallinta- ja raportointityökaluja. Esimerkiksi yksinkertaisia älypuhelinsovelluksia voidaan luoda kehitystyökaluilla ja hallita niillä alustaan liitettyjä laitteita. (IoT Analytics 2015.)

Kuviossa 9 kahdeksas komponentti on ulkoiset rajapinnat. On tärkeää, että alusta sisältää tehokkaat rajapinnat sovelluskehitykseen ja että se sallii laajat integroinnit. Alusta on voitava yhdistää olemassa oleviin

tietojärjestelmiin, kuten toiminnanohjaukseen ja asiakkuudenhallintaan. Myös asiakkaiden järjestelmiin liitettävyyden on huomioitava. (Collin & Saarelainen 2016, 232.)

Suomessa kaupallisista palvelutarjoajista yleisin on Elisan tarjoama IoT-ekosysteemi. Muista suomalaisista suurista palveluntarjoajista osa kuuluu myös kansainvälisiin toimijoihin. Näitä toimijoita on muun muassa Areus, AWS (Amazon Web Services) ja Allseen Alliance. MarketVisionin kyselyllä saadut osuudet on esitetty kuviossa 10. (AinaCom, MarketVisio 2016.)



KUVIO 10. IoT Ecosystems osuudet (AinaCom 2017)

Laitteiden tarvitsema internet-yhteys voidaan toteuttaa perinteisesti kiinteällä tai WLAN-yhteydellä, ns. erillisverkkoteknologialla tai mobiiliverkon (2G – 4G) kautta. Käyttöön tuleva 5G-verkko mahdollistaa huomattavasti suuremman IoT-laitteiden määrän. Pieniä ja paikallisia yhteyksiä voi toteuttaa myös lähikantaman NFC-, RFID- ja Bluetooth-verkoilla.

Erillisverkkoteknologioista voidaan ottaa esimerkiksi Sigfox, joka on 2009 ranskalaisen yrityksen kehittämä langaton verkko. Se on suunniteltu älykelloille ja sähkömittareille. LoRa (Low-Power Wide-Area Network) taas

on CSS modulaatio teknologiaan perustuva lyhyen kantaman radiotaajuus-verkko, jonka on patentoinut Semtech by LoRa Alliance 2015. Tämä verkko on kehitetty lähinnä sensortekniikalle. (AinaCom 2017.)

5.2 IoT-Ratkaisun suunnitteluvaihe ja valinta

IoT-ratkaisun määrittelyssä ja suunnitteluvaiheessa on hyvä tarkastella useampia asioita, jotta päädytään tarkoituksenmukaiseen lopputulokseen. Seuraavaksi on tarkasteltu tärkeimpiä huomioitavia asioita.

Ensimmäisenä pitää tarkastella IoT-ratkaisun tarvetta ja mihin IoT-ratkaisua pääasiassa käytetään. Kun ratkaisun käyttö on pelkkä seuranta, kuten mitta-anturi tai energiamittarit, syntyy vain vähän dataa, niin silloin erillisverkot kuten Sigfox tai LoRa, ovat varteenotettavia vaihtoehtoja. Jos dataa syntyy ja liikkuu enemmän, mobiiliverkko on toimivampi valinta.

Kun tarpeena on seurannan lisäksi ulkopuolelta tuleva ohjaus, kuten energiaohjauksen etähallinta tai vaikka älykodin hallitseminen, niin tällä hetkellä paras vaihtoehto on 4G-mobiiliyhteys. Kun ratkaisussa on lisäksi liikkuvaa kuvaa ja/tai aktiivista ohjausta tarvitsevat laitteet, kuten pilvikamerat tai sääasemat, datan määrä kasvaa huomattavasti ja ne ratkaisut voidaan toteuttaa kiinteällä yhteydellä, langattomalla verkolla, 4G-mobiiliyhteydellä tai kohteen kriittisyydestä riippuen kaikkien yhdistelmällä.

On tarkasteltava myös sitä millä alueella IoT-ratkaisua tullaan käyttämään. Rajatuilla alueilla, kuten omakotitalossa, voidaan käyttää WLAN:ia tai mobiiliyhteyttä. Tässäkin tapauksessa on huomioitava omakotitalon rakenteet ja WLAN:in kuuluvuutta rajoittavat tekijät. Laajoilla alueilla, kuten asuntokortteleissa tai vaikka maatiloilla, toimivat mobiiliyhteys ja erillisverkot.

Virtalähteiden ja virransyöttömahdollisuus on huomioitava. Jos tarjolla on virransyöttömahdollisuus, kaikki verkkoratkaisut ovat toimivat, mutta jos

pitää toimia pattereilla tai akuilla, mobiiliverkot tai erillisverkot ovat sopivimpia.

Laitteistona 2G/3G/4G-monyhteysmoduulit ovat hieman kalliimpia, mutta toimintavarmempia mobiiliverkoissa. 5G verkko onkin vasta tulossa. Erillisverkkoihin tarvitaan omat moduulinsa, mikä on hyvä ottaa huomioon suunnittelussa, kustannuksia kartoitettaessa ja laitetta rakentaessa.

Yhteenvetona sopivan teknologian ja IoT-ratkaisun valinnassa on siis otettava huomioon ainakin palveluun kytkettävien päätelaitteiden ominaisuudet, siirrettävän datan määrä ja verkkojen peittoalue. (AinaCom 2017.)

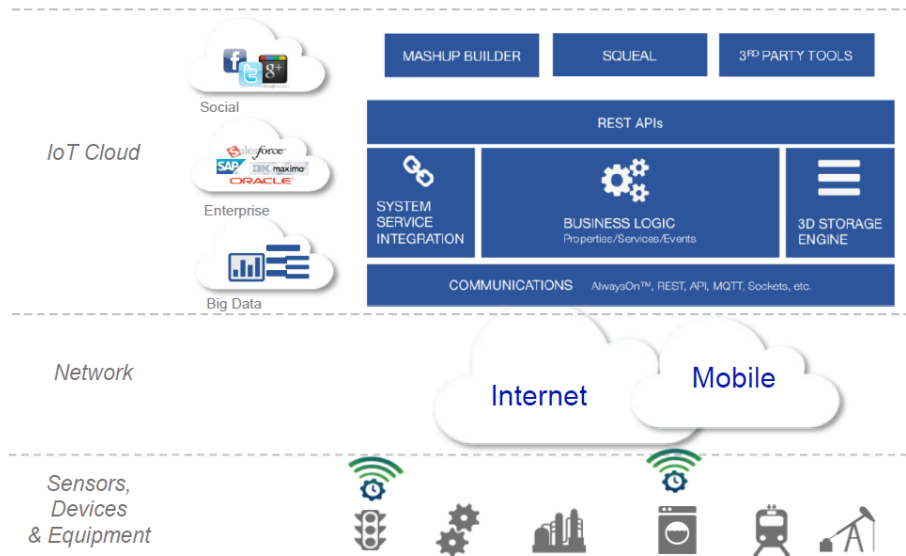
5.3 Elisa IoT-Hub

Elisan palveluihin päätettiin tutustua, koska GreenEnergy Finland Oy on jo aiemmin tehnyt yhteistyötä Elisan kanssa. Lisäksi Elisa on kotimainen palveluntarjoaja.

Palvelukartoitus aloitettiin pyytämällä lähtötietoja palveluista ja sopimalla palvelujen tarkastelupalaveri. Saadut lähtötiedot ja palvelujen sisältö käytiin läpi GreenEnergy Finland Oy:ssä.

Elisa IoT™ Architecture

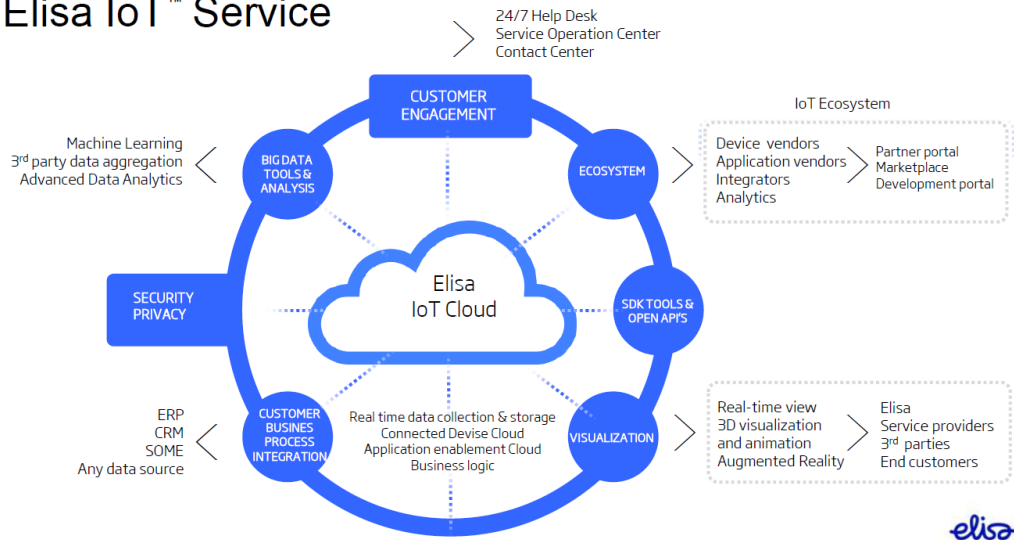
Business Applications



KUVIO 11. Elisa IoT™ Arkkitehtuuri (Elisa 2016)

Kuviossa 11 esitetty Elisan palvelujen arkkitehtuuri käytiin läpi. Toimintaa selvennettiin muutamalla jo toteutetulla projektilla.

Elisa IoT™ Service



KUVIO 12. Elisa IoT™ Service (Elisa 2016)

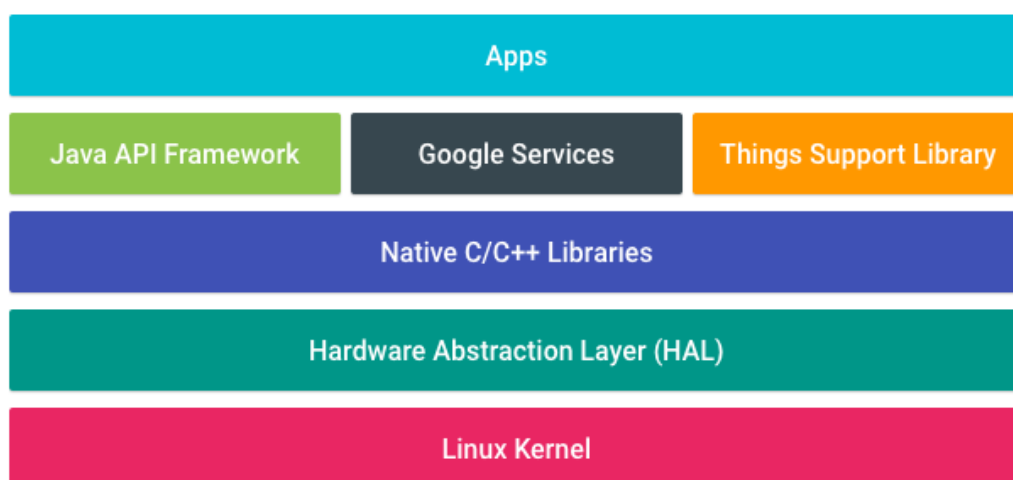
GreenEnergy Finlandia Oy:tä kiinnostava IoT-Hub on sidottu Elisan omaan IoT-pilvipalveluun. Pilvipalvelun ja IoT-Servicen toiminta on esitetty kuviossa 12.

Elisan palvelutarjonta on varsin laaja, palveluihin voidaan liittää esimerkiksi seurantaa, visualisointia, analytiikkaa ja huoltopalveluja. (Elisa 2016.)

IoT-Hubin sitominen Elisan omaan pilvipalveluun aiheuttaisi sen, että GreenEnergy Finland Oy:n käyttämät IoT-laitteet pitäisi kytkeä Elisan pilveen. Tämän jälkeen tiedot pitäisi siirtää Elisan pilvipalvelusta UpCloud pilvipalveluun ja siellä olevaan tietokantaan. Se toki on mahdollista, mutta ei ilmeisen kustannustehokasta. Mahdollisuuksia kartoitettiin ja tutkittiin lisää kesällä 2017. Yksi vaihtoehto olisi siirtää koko GreenEnergy Finland Oy:n käyttämä pilvipalvelu Elisan pilvipalveluun.

5.4 Googlen Android Things

Googlen Android Things on Android-käyttöjärjestelmälle luotu IoT-alusta, joka pohjautuu Googlen Brillo alustaan. Alusta voidaan rakentaa Intel Edison, NXP Pico tai Raspberry Pi 3 laitteistojen pohjalle. GreenEnergy Finland Oy:ssä on käytössä myös Raspberry Pi3, joten alustaa voidaan harkita joihinkin sovelluksiin. Java-ohjelmointikielet ovat tuettuna Android Things – alustassa. Alusta on esitetty kuviossa 13.



KUVIO 13. Google Android Things – alusta (Google Android Things 2017)

Googlen Android Things IoT-alustan ohjelmointi vastaa hyvin paljon tavallisen Android-sovelluksen luomista, ja näitä sovelluksia tehdään jo nyt GreenEnergy Finland Oy:ssä, joten sovellusten tekemiseen päästäisiin tarvittaessa heti. Google Android Things –alustalla kehitys perustuu Android Studio – ja Android SDK – ohjelmistoihin, sekä Googlen pilvipalveluun ja Weave-kommunikaatioprotokollaan, ja nämä ovat jo käytössä GreenEnergy Finland Oy:ssä. Google tarjoaa paljon tunnettuja ja maailmanlaajuisesti toimivia palveluita, joita voi integroida omaan IoT-alustaan. Esimerkiksi Play-kaupasta saa käyttöönsä tuhansia sovelluksia.

Google Android Things –alustan käyttöä GreenEnergy Finland Oy:n ohjelmistokehityksessä rajoittaa se, että alusta on käytettävissä ainoastaan mobiililaitteilla. Mobiiliominaisuuksia kehitetään yrityksessä lisää koko ajan ja näin myös sovellus tarpeet lisääntyvät tulevaisuudessa. Varsinkin jos tulee tarve nopean IoT-laitteen luomiseen, niin tähän alusta on sopiva. Huomioitavaa on myös Google-palveluiden laajat käyttö mahdollisuudet. (Google Android Things 2017.)

5.5 AinaCom IoT-Hub

AinaCom on osa Aina Group -konsernia, joka on erikoistunut kuluttajien ja yritysten viestintäratkaisujen toimittamiseen. AinaCom on suomalainen ja AinaCom on lähtenyt liikkeelle entisessä Hämeen Puhelimesta. Hämeen Puhelimen ajoista juontaakin AinaComin vahva ICT-osaaminen. Aina IoT-liittymillä voidaan liittää laitteet ja järjestelmät verkkoon koti- ja ulkomaillakin. Liittymät soveltuvat ohjaamiseen, hallintaan, valvontaan tai tiedonkeruuseen liittyviin laitesovelluksiin. Liittymät soveltuvat IoT-sovelluksia tai -laitteita tarjoavien yritysten tietoliikennetähtäimiksi. IoT alusta on vapaasti valittavissa. Aina IoT ei ole ennalta sidottu mihinkään tiettyyn alustaan. (AinaCom 2017.)

Käyttöä ja toimintaa varten annetaan asiakkaan palvelimelle palvelusovellus ja tämän lisäksi tarvitaan kiinteä internetyhteys. Usein palvelusovellus integroidaan asiakkaan olemassa oleviin

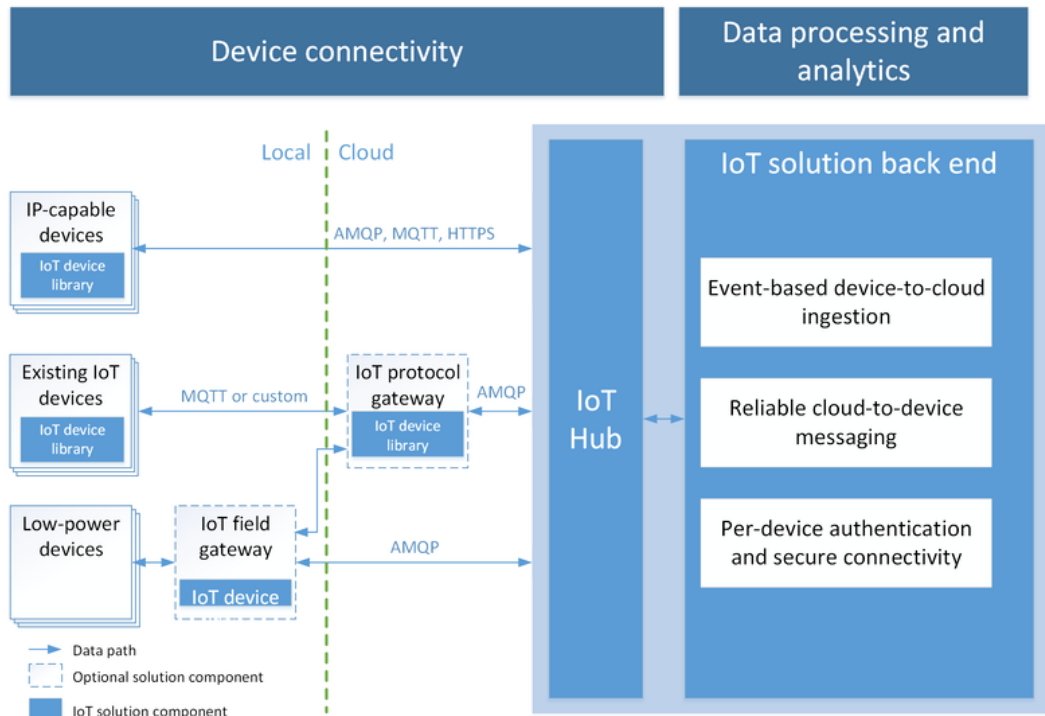
taustajärjestelmiin. Yleensä asiakas vastaa palvelusovelluksen asennuksesta, testauksesta ja ylläpidosta. Asiakkaan vastuulle jää myös se, että asiakkaan palvelusovellus toteuttaa HTTP-protokollaan perustuvat rajapintamäärittelyt.

Aina IoT API-palvelu välittää asiakkaan palvelusovelluksen rajapintaan lähettämät kyselysanomat IoT API-palvelun backend-logiikalle, joka palauttaa halutut tiedot. Lisäksi palvelu käsittelee sekä verkon että palvelun mahdolliset virhetilanteet. (AinaCom 2017a.)

5.6 Azure IoT

Azure on Microsoftin IoT-alusta, joka sisältää erilaisia pilvipalveluita ja hallintaominaisuuksia IoT:n hallintaan keskitetysti. Azure tukee yleisimpiä ohjelmointikieliä; JavaScript, Python, .NET, PHP, Java ja Node.js. Sitä voi käyttää iOS:llä, Androidilla ja Windows-laitteilla. (Microsoft Azure 2016.)

Azure sisältää useita valmiita palveluita monenlaiseen IoT-tarpeeseen. Näitä palveluita ovat pilvilaskentapalvelut, datapalvelut, sovelluspalvelut ja verkkopalvelut. IoT-Hub on Azuren pilvipalvelun perusominaisuus. Se toimii laitteen ja pilvipalvelun välillä luoden kaksisuuntaisen kommunikaatiokanavan. Yhteys on turvallinen ja tunnistus on luotettava, koska Hub tunnistaa jokaisen laitteen omana yksikkönään. Hub rekisteröi ja säilöö laitetiedot ja jokaiselle laitteelle luodaan oma profiili ja salasankoodi. Azuren IoT-Hub tukee yleisimpiä ohjelmointikieliä ja käyttöjärjestelmiä, kuten Windows ja Linux. Toiminta on esitelty kuviossa 14. (Docs Microsoft 2017.)

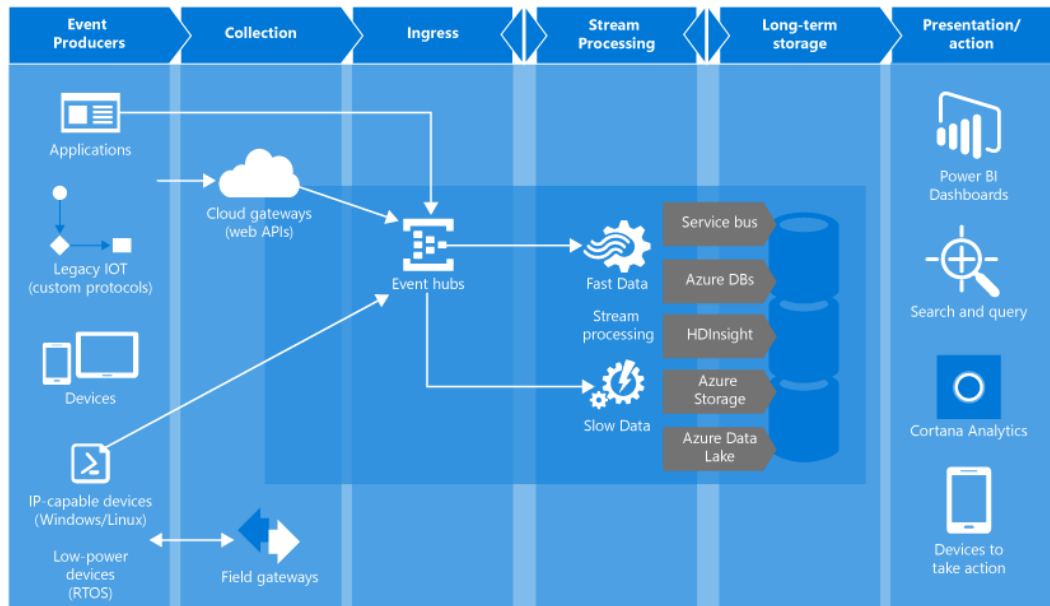


KUVIO 14. Azure IoT-Hub (Docs Microsoft 2017)

Azuren – IoT-Suite on tiedon analysoinnin ja visualisoinnin osa alustasta. Sillä kerätään IoT-laitteiden lähettämät sensoritiedot ja sillä analysoidaan reaaliajassa dataa ja voidaan tehdä visuaalinen esitys. Azuren tätä ominaisuutta voidaan harkita käytettäväksi GreenEnergy Finland Oy:ssä esimerkiksi säteilytehon arviointiin tai muiden säätietojen analysointiin. Myös varastoidusta historiatiedosta voidaan luoda visuaalinen esitys. IoT-Suite sisältää valmiina konfiguroituja ratkaisuja, jotka helpottavat ja nopeuttavat Azuren käyttöä. Esimerkiksi laitteiden etäluku ja ennakoiva kunnossapito ovat valmiiksi konfiguroitu Suiteen, näin käyttäjä voi ottaa toiminnot heti käyttöön. (Microsoft Azure 2016.)

Event Hub-palvelu ottaa vastaan miljoonia tapahtumia laitteelta sekunnissa ja prosessoi ja analysoi huomattavan suuria määriä tietoa ja säilöö sen niin, että tietoa voidaan jalostaa ja hyödyntää reaaliaikaisilla analytiikkatyökaluilla tai varastoida halutulla tavalla. Sovellusten instrumentoinnissa, käyttäjäkokemuksen ja työnkulun käsittelyssä sekä

IoT-sovelluksien tukena, Event Hub-palvelu on kätevä. Event Hub tukee AMQP- ja HTTP-protokollia. Event Hub kaavio on esitetty kuviossa 15. (Microsoft Azure 2016.)

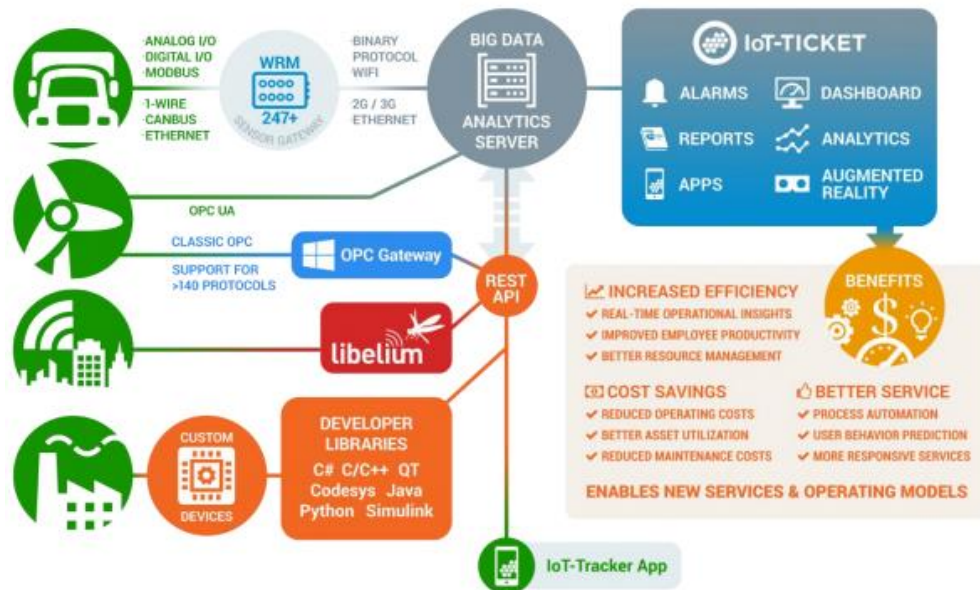


KUVIO 15. Azure Event -Hub (Microsoft Azure 2016)

Machine Learning ennustaa tulevaa laitteen käyttäytymistä, tuloksia ja trendejä hyödyntämällä olemassa olevaa dataa. Oppimista voidaan hyödyntää esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmällä tehtävissä ohjauksissa. Tämä on tärkeä ominaisuus ja älykkyyden lisääminen järjestelmään on juuri yksi yrityksen tavoitteista. Machine Learning sisältääkin algoritmeja, joita käyttäjä voi muokata tarpeisiinsa sopivaksi. Algoritmien luominen on toteutettu yksinkertaisella "drag and drop" menetelmällä. Itse tehtyä tai muokattua ennustemallia voi testata ja muokata ennen varsinaista käyttöönottoa. (Microsoft Azure 2016.)

Notification Hub avulla lähetetään push-viesti etukäteen määrättyihin mobiililaitteisiin. Tätä ominaisuutta voisi käyttää esimerkiksi aurinkojärjestelmien häiriöilmoituksiin. Notification Hub-palvelu lähettääkin ilmoitukset halutulle määrälle mobiililaitteita, eikä se vaadi muokkausta eri käyttöjärjestelmille tai eri viestimuodoille. (Microsoft Azure 2016.)

5.7 Wapice Ltd:n IoT-Ticketin



KUVIO 16. IoT-Ticketin toiminnot (IoT-Ticket 2017)

Yritys Wapice Oy tarjoaa IoT-Ticket alustaa asiakkaille. Wapice Oy:n pääkonttori sijaitsee Vaasassa.(Wapice OY 2017.)

Esineiden internet alusta, IoT-Ticket kattaa datan keruun, raportoinnin, web-käyttöliittymän ja analytiikan. IoT-Ticket alusta tukee valvottua seuranta, etähallintaa, automatisointia ja raportointia. Kuviossa 16 on esitetty IoT-Ticketin toiminnot.

Hallintapaneeli eli dashboard on verkkopohjainen käyttöliittymä. Käyttöliittymä on helppokäyttöinen ja siinä käyttäjä voi turvassa yhteydessä etälaitteisiin tarkistaa tilatietoja, raportteja toimintatehokkuutta. Lisäksi hallintapaneelissa on tehokkaita sisällöntuotannon työkaluja. Hallintapaneelia voidaan käyttää esimerkiksi ajoneuvojen seurannassa tai reaaliaikaisessa laitteiston seurannassa. Hallintapaneeliin integroituu Interface Designer, jolla voidaan luoda ja muuttaa käyttöliittymää. Sillä voidaan luoda mittareita, kaavioita taulukkoja painikkeita ja paljon muita elementtejä.

Interface Editorin Dataflow Editorilla voidaan suunnitella tiedonkulun toimintoja liittämällä toimintoja toisiinsa ja näin aikaansaada logiikkatoimintoja, joita voidaan käyttää ohjaustoimintojen suorittamiseen.

Report Editorilla voidaan luoda asennusraportteja, tilaraportteja toimintaraportteja, vikaraportteja ja ylläpitoraportteja. Myös muiden raporttien luominen on mahdollista. Raportit voidaan luoda verkkoselaimessa ja niiden sisältö voi olla dynaamista tai staattista. (IoT-Ticket 2017.)

GitHub on yksi suurimmista lähdekoodi-verkkopalveluista ja täältä on saatavilla myös IoT-Ticket.com käyttämiä lähdekoodeja. IoT-Ticket käytetyimmät ohjelmointikielet ovat C++, Java, Python, C# ja Swift. IoT-Ticket.com löytyy kirjastoja ja valmiita API:ja. Esimerkiksi IoT-LinuxCppClient olisi sopiva käytettäväksi GreenEnergy Oy:n laitteissa. (Github 2017.)

IoT-Ticket Analytiikka on tarkoitettu kerättyjen tietojen käsittelyyn. Analytiikka on verkkopohjainen työkalu, joka on myös integroitu hallintapaneeliin. Hallintapaneelin avulla voidaan suorittaa helposti esimerkiksi Big data kyselyjä. Kysely saadaan aikaiseksi, yksinkertaistetusti sanottuna, siirtämällä & pudottamalla haluamasi tiedot kiinnostavat tiedot kenttiin. Yleisimmin käytetyt analyysit ovat korrelaatioanalyysit, Pearson-korrelaatio, histogrammit ja parvikuviot. Analytiikka tukee myös automaattista epänormaalin arvon tunnistusta ja tässä käytetään käyräsovitusalgoritmia. IoT-Analyttikasta löytyy R-käyttöliittymä Big-Data-klusteriin. Tämä käyttöliittymä voi olla merkittävä, kun suuria datamääriä aletaan käsitellä. Esimerkkinä säätilojen muutokset ja ennusteet tai auringon säteilymäärät. (IoT-Ticket 2017.)

6 IOT-ENERGIAMITTARI JA MITTAUS VAIHTOEHDOT

Energiamittaus.fi on Nurmijärvellä toimiva yritys, joka tarjoaa IoT-liitännäisiä alamittareita sähkö ja veden mittaukseen. Tämä mittaustapa on tarpeellinen aurinkosähköjärjestelmiä asennettaessa taloyhtiöihin. Jos taloyhtiö, rivitalo tai kerrostalo tekee yhden liittymän energialaitokselle, ja pystyy jakamaan kulutetun tai tuotetun sähkön osakkaiden kesken omilla mittaroinilla, päästään aika merkittäviin kustannussäästöihin. Nyt toteutetut järjestelmät ovat perustuneet mittareihin, jotka on kytketty väylään käyttämällä Modbus-väylää. Modbus-väylän rakentaminen ja kaapelointi voi olla hankalaa ja kallista. Käyttämällä IoT-energiamittareita voidaan välttää kaapelointi ja mittareiden tiedot saadaan yksilöidysti pilvipalveluun. (Energiamittaus.fi 2017.)

Energiamittaus.fi:n reaaliaikaista mittausta voidaan käyttää lähes missä vain kohteessa, jossa on potentiaalivapaa pulssi- tai ledilähtö. Yhdellä laitteella voidaan tarkkailla yhtä pulssi- tai ledilähtöä. Mittaustieto siirretään turvallisesti 3G verkon yli suljetussa M2M -verkossa. Tämä mahdollistaa laitteiden yhteyksien seurannan vuorokauden ympäri. Mittauslaitteistosta löytyy useita eri suojaustasoja, joista voidaan valita mitattavan kohteen vaativuuden mukaan. Energiamittaus.fi käyttämät mittarit ja palvelut tarkentuvat myöhemmin ja niiden käyttömahdollisuus GreenEnergy Finland Oy:ssä pitää tutkia. (Energiamittaus.fi 2017.)

Yksi johtavista energia- ja vesimittauksen järjestelmäratkaisujen valmistaja on tanskalainen Kamstrup A/S. Yrityksellä on Suomessa kaksi toimipaikkaa, jotka sijaitsevat Espoossa ja Vaajakoskella. Mittareita käytetään pääasiassa energialaitoksilla ja teollisuudessa. Yrityksellä on OMNIA-palvelu, joka on avoimen standardin ja korkean suorituskyvyn ratkaisu. Palvelu ja sen konsepti täyttää kansainvälisten markkinoiden vaatimukset ja säädökset. Tämä palvelu tukee useita erilaisia energianlähteitä. Kamstrupin OMNIA-palvelu sisältää älymittarit, tiedonsiirron, mittaustiedon hallintajärjestelmän sekä yrityskohtaisesti suunnitellun älykkään sähköverkon tarpeet. Palveluun voidaan integroida

sähkön, veden, kaasun sekä lämpö- ja jäähdytysenergian jakelu. Se tukee kaikkia nykyaikaisia tiedonsiirtotekniikoita.

Ratkaisun soveltaminen GreenEnergy Finland Oy:n aurinkovoimaloiden ohjaukseen vaatii yhteistyötä ja neuvotteluja palvelujen yhteen sovittamiseksi. Käyttämällä OMNIA-palveluja, GreenEnergy Finland Oy välttyisi itse vastaavan palvelun rakentamiselta. Kamstrupin kanssa eteneminen vaatii kuitenkin yritysten välisen sopimuksen. (Kamstrup 2017a.)

Kamstrupin IoT-energiamittarin käyttäminen suoraan GreenEnergy Finland Oy:n omassa IoT-alustassa pitää tutkia ja testata. Aikataulu ja resurssin varaus tähän on yrityksessä vielä auki. Kamstrupin huoneistomittari on esitetty kuvassa 1.

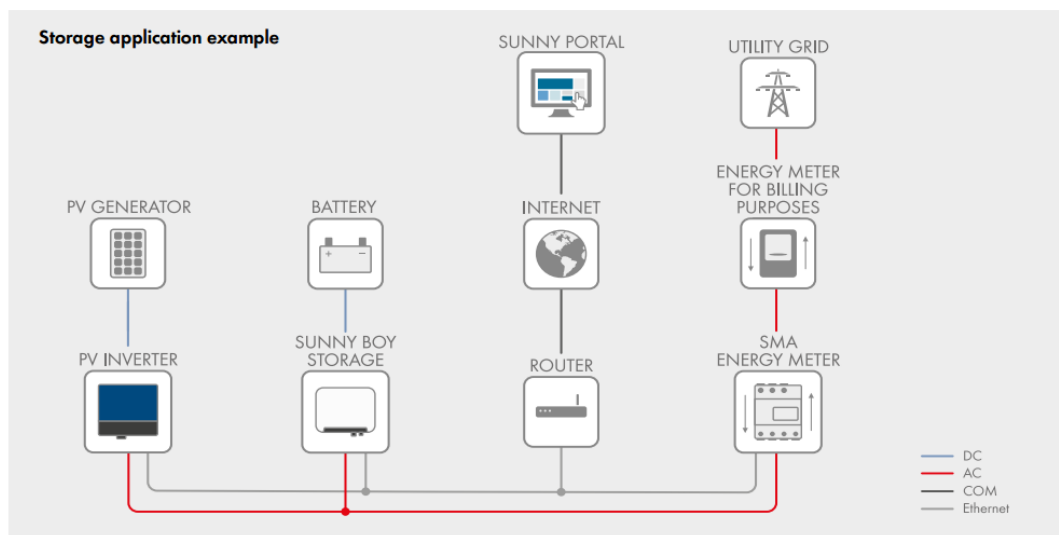


KUVA 1. Kamstrup huoneisto IoT-energiamittari (Kamstrup 2017b)

SMA on tuttu GreenEnergy Finland Oy:lle invertterien valmistajana. SMA invertteritä käytetään paljon pienemmissä aurinkovoimaloissa. SMA valmistama energiamittari onkin suoraan yhteensopiva useiden SMA invertterien kanssa. Mittari on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. SMA 63A Ethernet energiamittari (SMA 2017)



KUVIO 17. SMA aurinkojärjestelmän ja mittauksen esimerkki (SMA 2017)

Mittari mittaa 63A virtaan asti sähköenergiaa ja mittarissa on RJ 45 liitäntä Ethernetiä varten. Kuviossa 17 on kuvattuna SMA:n akkuvarastolla varustettulla aurinkovoimalan toiminnallinen kaavio. Mittarin käyttö edellyttää Ethernet-verkon olemassa oloa, mutta toisaalta aurinkovoimalat liitetään Ethernet-verkolla pilvipalveluun. SMA mittari ja mittaus ovat ehdottomasti yksi vartenotettavista mittausmenetelmistä GreenEnergy Finland Oy:n käyttöön. (SMA 2017.)

Schneider Electric PM556 tehomittari on yksi mahdollinen energiamittari, jonka tiedot voidaan lukea Ethernet-väylän kautta.

Mittari ei ole varsinaisesti IoT-energia mittari, mutta mittarissa olevaa Ethernet-väylää voidaan hyödyntää joissakin GreenEnergy Finland Oy:n projekteissa. Mittari on esitetty kuvassa 3. (Schneider Electric 2016.)



KUVA 3. Schneider Electric PM5560 powermeter (Schneider Electric 2016)

6.1 Energiayhtiöiltä saatavien mittaustietojen hyödyntäminen

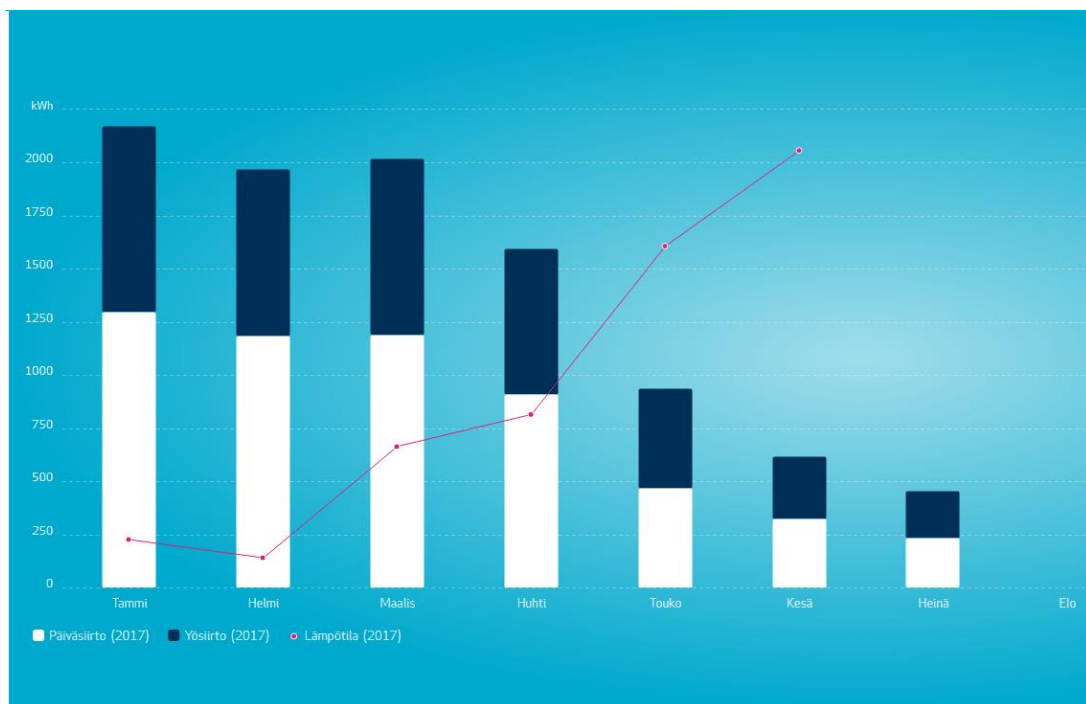
Energiayhtiöiden sähkön mittaus on siirtynyt pääasiassa etäluettaviin mittareihin. Energiayhtiöt tarjoavat asiakkaille mittaustietoa vuosi, kuukausi ja päivätasolla. Energiayhtiöiden internetsivuilla asiakastunnuksilla kuluttaja pääsee seuraamaan omaa energiankulutusta lukuarvoina ja myös graafisina esityksinä. Tiedot saa siirrettyä Elenia Aina sivustolta .csv muodossa kuluttajalle. (Elenia Oy 2017.)

Energia yhtiöiden mittaustietojen hyödyntäminen olisi asennusteknisesti helpoin ratkaisu, näin pystytään hyödyntämään olemassa olevaa tekniikkaa. Energiayhtiön mittaustietojen käyttö GreenEnergy Finland Oy:n ohjausjärjestelmässä vaatii sopimuksen yritysten välillä sekä kuluttajan ja energiayhtiön välillä. Energiayhtiöiden mittaustiedot ovat tällä hetkellä ns. tuntimittaussarjoina ja niiden päivitys tapahtuu kerran vuorokaudessa. Tämän mittaustiedon hyödyntäminen perustuisikin historiatiedon

hyödyntämiseen, eikä sitä voida käyttää reaaliaikaiseen ohjaukseen. Taulukossa 2 on esitetty Elenialta saatu csv-muotoinen kuukausi tason mittaustieto kuluvalta vuodelta 2017. Sama tieto on myös kuviossa 18 graafisena esityksenä, joka havainnollistaa paremmin kulutuksen muutoksia kuukausittain. Mittaustiedot saadaan ladattua Elenialta myös tuntimittaus tarkkuudella.

TAULUKKO 2. Elenia Aina omakotitalon energianmittaus 2017 (Elenia Oy 2017)

Aikaväli	Yösiirto	Päiväsiirto	Yhteensä
Tammikuu	874,59	1297,62	2172,21
Helmikuu	787,72	1184,01	1971,73
Maaliskuu	830,46	1190,48	2020,94
Huhtikuu	687,67	909,88	1597,55
Toukokuu	473,1	466,85	939,95
Kesäkuu	289,11	326,66	615,77
Heinäkuu	222,75	234,9	457,65
Elokuu	0	0	0
Syyskuu	0	0	0
Lokakuu	0	0	0
Marraskuu	0	0	0
Joulukuu	0	0	0
Yhteensä	4165,4	5610,4	9775,8



KUVIO 18. Elenia Aina omakotitalon energianmittaus 2017 (Elenia Oy 2017)

7 KIINTEISTÖJEN ÄLYKÄS SÄHKÖN KAYTTÖ

7.1 Kerätyt tiedot omakotitalojen aurinkoenergiavoimaloista

GreenEnergy Finland Oy kerää tällä hetkellä toimittamistaan aurinkoenergia voimaloista tietoa käyttämäänsä pilvipalveluun. Pilvipalveluun luetaan aurinkovoimalan inverttereihin kytkettyjen paneeliketjujen virrat, jännitteet sekä invertterin verkkoon syötettävät tehot. Invertterien koko elinkaaren aikana tuotettu teho ja invertterin häiriötiedot tallennetaan myös voimalakohtaisesti. Samalla luetaan aurinkovoimalan sijaintitiedon mukaan paikallinen säätila sekä lyhyen aikavälin ennuste.

Yrityksessä pystytään seuraamaan kerättyjen tietojen ja voimaloiden valvomonäytön avulla voimaloiden toimintaa asiakkailla. Mahdollisiin häiriötilanteisiin voidaan tehdä korjauksia etänä Lappeenrannan toimistosta. Myös voimaloihin kytketyt GEF Reader ja mahdolliset GEF Kiosk laitteissa olevat ohjelmat voidaan päivittää etänä.

Varsinaista optimointia aurinkoenergia tuotannon määrän, säätilan tai sääennusteen mukaan ei vielä ole sisällytetty toimituksiin.

7.2 Modbus-tietojen määrittäminen kiinteistöautomaatioon

GEF Visionilla™ ei tehdä kiinteistöautomaatioon liittyviä ohjauksia, vaan kiinteistöautomaation luettavaksi annetaan määriteltä data taulu. Tauluun määritellyissä tiedoissa on otettu huomioon aurinkojärjestelmien yleisesti käytössä olevat tiedot. Suunniteltu taulu on esitetty liitteessä 3. Tämä ei sulje pois mahdollisuutta tulevaisuudessa tehdä ohjauksia GEF Vision™ kautta, hyödyntäen data taulussa olevia parametreja.

Kiinteistöautomaatiossa käytössä on yleisesti Modbus-väylä. GreenEnergy Finland Oy:ssä päätettiin ensimmäiseksi luoda tietokantataulu kiinteistöautomaation liityntää varten. Näin saadaan mahdollisuus liittyä Modbus TCP/IP-liitännällä GEF Vision™ järjestelmään.

Eri kiinteistövalmistajien kanssa tullaan selvittämään tarkemmin kiinteistöautomaatiojärjestelmien tarvitsemia tietoja.

7.3 Omakotitalon kuorman ohjaus

Omakotitaloissa aurinkovoimalalla tuotetun energian myyminen ei ole kannattavaa tällä hetkellä. Tärkeintä olisi hyödyntää itse kaikki aurinkovoimalla tuotettu energia. Kuinka aurinkoenergialla tuotettua energiaa voidaan siis hyödyntää omakotitalossa?

Omakotitalojen energiatuotannon tehokas hyödyntäminen omaan käyttöön vaatii kehittämistä ja useiden vaihtoehtoisten toimintatapojen ja tekniikan yhteen sovittamista. Lämminvesivaraajassa käyttöveden lämpötilan pitää olla riittävän korkea ja jatkuvasti vähintään 55 °C veden hygienian varmistamiseksi. Suomessa myytävien varaajien ovat melko hyvin eristettyjä ja lämpöhäviöt ovat kohtuullisen pieniä. Lämminvesivaraajan tehokkaampi hyödyntäminen ja lämmitysajan valinta mahdollistaisi aurinkosähköenergian hyödyntämisen veden lämmitykseen kuluvan verkkoyhtiöiltä ostettavan energian vähentämiseksi. (Hietanen 2017, 19.)

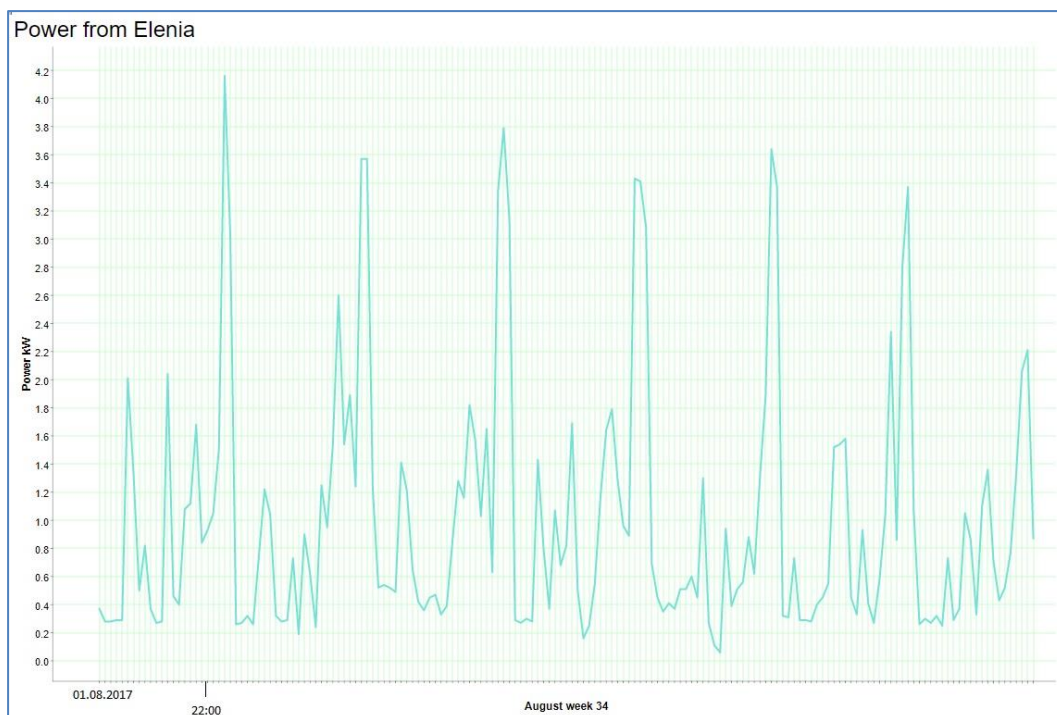
Tässä työssä tutkittiin ja testattiin kahden omakotitalon lämminvesivaraajan vaihtoehtoisia ohjaustapoja. Näillä ohjaustapamuutoksilla haettiin ratkaisumalleja opinnäytetyön kolmanteen tutkimuskysymykseen. Työssä käytettiin tavoitetilan määrittelyä että sen toteutusta rinnakkain. Omakotitaloihin rakennettiin prototyyppi versiot ohjauksista, ja niiden toimintaa verrattiin tavoitetiloihin. (Järvinen & Järvinen, 109.)

Ensimmäinen omakotitalo sijaitsee Päijät-Hämeessä Vierumäellä. Omakotitalo on yksikerroksinen puutalo, jossa on osittain varaava sähkölämmitys. Lisälämmityksenä on takka, leivinuuni sekä ilmalämpöpumppu. Sauna lämpiää puulla. Käyttövesivaraajana on tilavuudeltaan 200l varaaja, 3kW tehon sähkövastuksilla. Omakotitalon

sähkölämmitys on kytketty 2/3:n osalta yösähköllä ja 1/3 osuus suoralla sähkölämmityksellä. Omakotitalon lämminvesivaraaja oli ennen aurinkovoimalan ohjauskokeiluja käytössä vain yösähköllä. Talon kokonaiskulutus on noin 15 200kWh/vuosi. Omakotitalon energiakulutusta tarkasteltiin kesäaikaan elokuussa 2017 viikolla 34. Tarkastelun ajankohta valittiin siten, että varsinaista talon lattialämmitystä ei ollut muissa huoneissa käytössä kuin pesuhuonetiloissa. Kiinteistöjen mittauksia ja energiakulutusta selvitettiin aiemmin tässä työssä GreenEnergy Finland Oy:n käyttöön ja samalla tavoin energiayhtiön keräämää tietoa käytettiin omakotitalon energian kulutuksen seurantaan.

Omakotitalon energian kulutustietoja ja energian tuotantotietoja tarkasteltiin KNIME 3.5.1 Analytic Platformilla, ohjelmiston tuottaja on KNIME AG, joka sijaitsee Zurich:ssa Sveitsissä. KNIME Analytics Platform on johtava avoin ratkaisu datapohjaiseen tarkasteluun. Sen avulla voidaan kuvata ja analysoida tietoja ja tulostaa graafisia kuvaajia. KNIME on yritystasoinen avoimen lähdekoodin ohjelma. (KNIME 2017)

Tarkastelua varten ladattiin Elenian asiakasverkkosivulta tuntisarja mittaus viikolta 34 csv- tiedostona. Tiedosto tuotiin KNIME Analytic Platformiin ja tulostettiin graafisena esityksenä. Graafisesta esityksestä voidaan helpommin hahmottaa kulutuksen teho eri ajankohtina. Kuviossa 19 nähdään selvästi elokuun 2017 viikon 34. ajanjaksona energiakulutuksen painottumisen siihen, kun lämminvesivaraajan ohjaus käynnistyy yösähköllä kello 22:00. Lämminvesivaraajan 3kW:in tehon lisäys kello 22:00 nostaa talon verkosta ottamaksi tehoksi 2,5 – 3,5kW suuruiseksi. Lämpimän veden lämmitykseen menee noin 1-2 tuntia, riippuen käytetystä veden määrästä. Tarkoituksena onkin saada lämminvesivaraajan kuluttama energia tuotetuksi aurinkoenergialla ja siirtää lämminvesivaraajan käyttö aurinkoenergian tuotannon ajankohtaan.



KUVIO 19. Omakotitalon energianmittaus tuntitasolla 2017 viikko 34

Omakotitaloon asennettiin loppukesästä 2017 JASolar 270Wp aurinkopaneelit katolle ja Fronius Symo 4.5-3-S Invertteri, joka on esitetty kuvassa 4. Aurinkovoimalassa on 18kpl paneeleita ja paneelien nimellisteho on 4,8kWp. Talon katolla olevat paneelit on esitetty kuvassa 5. Invertteriin lisättiin myös Datalogger kortti tarkemman monitoroinnin ja lisäohjausmahdollisuuksien aikaan saamiseksi.



KUVA 4. Fronius Symo 4.5-3-S Invertteri (Fronius 2017b)

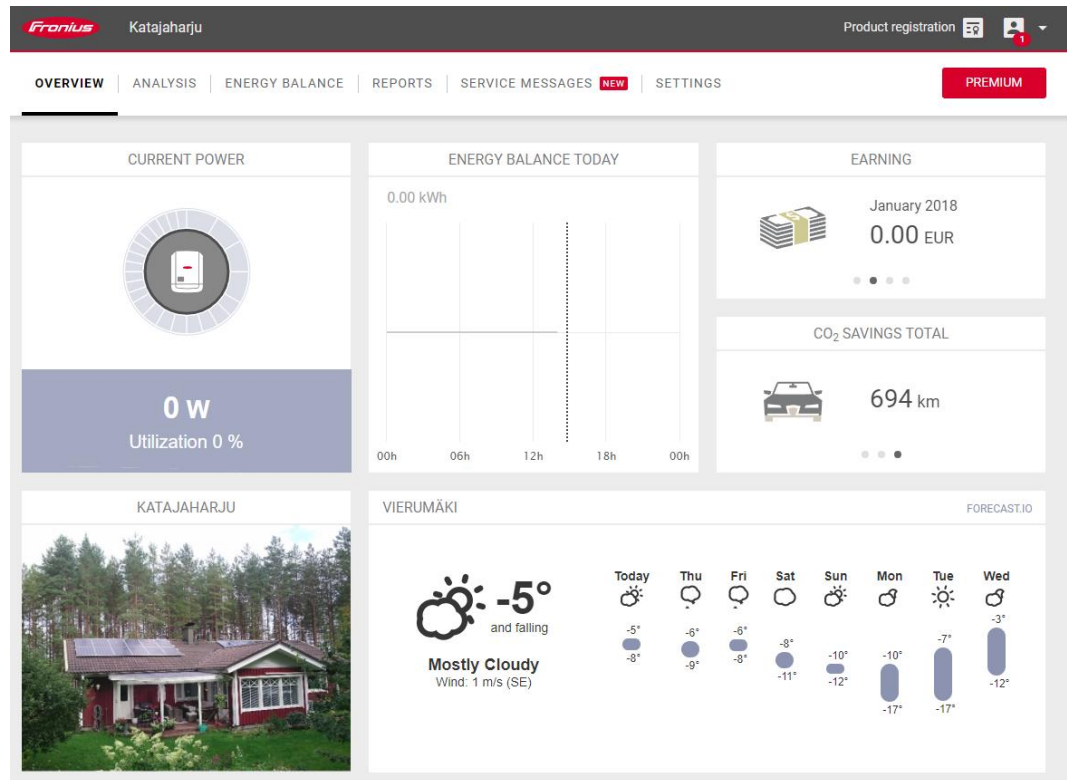
Invertterin Datalogger kortti yhdistettiin internetin kautta Froniuksen tarjoamaan Solar.web pilvipalveluun. Pilvipalvelu on pääasiassa tarkoitettu aurinkovoimalajärjestelmien visualisointiin. Fronius Solar.web pilvipalvelu sijaitsee Itävallassa ja palveluun on liitetty tällä hetkellä yli 200 000 aurinkoenergiavoimalaa. Pilvipalvelun ohjelmisto ja julkaisuoikeudet ovat Fronius International GmbH:lla (Solar.web 2017a.)



KUVA 5. Omakotitalo Vierumäellä 18kpl aurinkopaneeleita katolla 2017

Työssä käytettiin Solar.web palvelua tuotannon seurantaan. Solar.web päänäyttö on esitetty kuvassa 6. Solar.Web palvelu hakee Fronius pilvipalvelusta aurinkovoimalakohtaiset tiedot. Näytössä on reaaliaikainen tehon tuotto, kuluvan vuorokauden graafinen energiantuotto, laskennallinen euromääräinen tuotto sekä kuinka paljon aurinkovoimalalla on säästetty hiilidioksidi CO₂ päästöjä. Lisätietona näytölle saa ladattua oman voimalan kuvan ja päänäytöllä esitetään myös paikkakuntaakohtainen sää sekä 7 vuorokauden ennuste.

History-välilehdeltä päästään seuraamaan haluttuja ominaisuuksia graafisena näyttönä. Käyttäjä saa valita useasta kanavasta mitä arvoja haluaa seurata ja päiväästä aina vuoden ajanjaksolle.



KUVA 6. Fronius Solar.web (Solar.web 2017c)

Tuotantoa voi seurata myös mobiililaitteilla. Tähän tarkoitukseen mobiili sovelluksen voi ladata ilmaiseksi Froniuksen internet sivuilta.

Mobiilisovelluksen seuranta-äyttö on esitetty kuviossa 20.



KUVIO 20. Fronius Solar.web live mobiili (Fronius 2017c)

7.3.1 Suoraan kytketty lämminvesivaraaja

Suoraan kiinteistön sähköverkkoon kytketty lämminvesivaraaja, jossa käytetään ohjaukseen ainoastaan lämminvesivaraajan omaa termostaattia, on yksinkertaisin malli omakotitalon lämpimän veden tuottoon. Suoraan kytketty varaaja tuottaa lämmintä vettä aina vuorokauden ajasta ja aurinkoenergian saatavuudesta riippumatta. Etuna on kytkennän yksinkertaisuus ja varmuus lämpimän veden riittävydestä. Tällä tavalla tehdyssä ohjauksessa riittää usein myös pienempi lämminvesivaraaja lämpimän veden tuotantoon. Huonona puolena on, että varaajan käyttämä energia ei ole sidottu aurinkoenergian tuotantoon, vaan energiaa käytetään aina kun lämminvesivaraajan veden lämpötila laskee ja termostaatti ohjaus kytkee lämmityksen päälle. Tätä mallia ei varsinaisesti testattu tai tutkittu tässä työssä, koska sillä ei juurikaan saada kohdennettua aurinkoenergialla tuotettua energiaa lämpimän veden lämmitykseen ja kohteena olevassa omakotitalossa lämminvesivaraaja oli jo yösähkökäytössä.

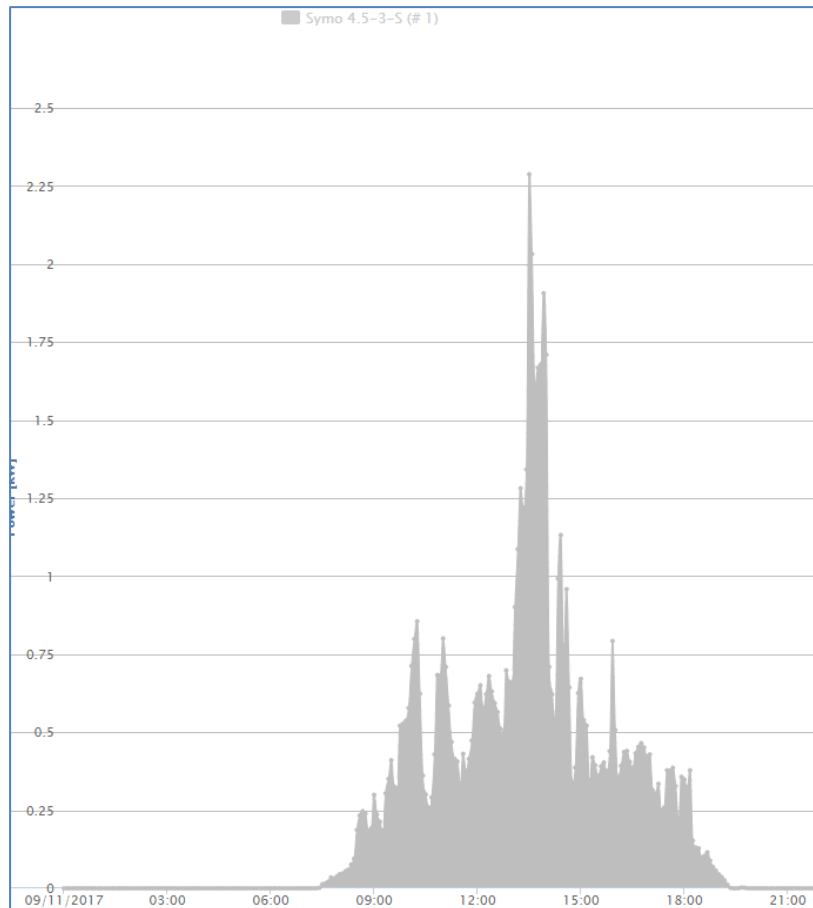
7.3.2 Lämminvesivaraajan kello-ohjaus

Lisäämällä tarvittaessa sähkökeskukseen kontaktori ja sitä ohjaava vuorokausikello, voidaan kellon aikaohjuksella ohjata lämpimän veden tuotto ainoastaan päiväajalle. Tällöin voidaan arvioida aurinkoenergian tuotannon alku- ja päättymisajankohta sekä ohjata lämminvesivaraaja päälle tuona aikana. Hankaluutena on auringon nousuajan ja laskuajan muuttuminen vuodenajan mukaan ja varsinkin se, että aurinkoenergian tuotannon ajoittuminen päivään vaihtelee sääolosuhteiden mukaan. Kellon ajastusta voidaan muuttaa vuodenajan mukaisesti, mutta se vaatii käyttäjältä aktiivisuutta. Etuna pelkällä kello-ohjauksella on lämpimän veden riittävyys ympäri vuorokauden, vaikka aurinkoenergiaa ei saataisikaan koko vuorokautena. Koska lämmintä vettä tuotetaan vain osan aikaa vuorokaudesta, lämminvesivaraajan tulee olla tilavuudeltaan hieman kookkaampi. Nelihenkinen perhe tarvitsee tällöin 300l varaajan. Tarkemmin varaajan koon mitoituksen voi tarkistaa Suomen

rakentamismääräyskokoelmasta. Kello-ohjauksella voidaan hyödyntää paremmin aurinkoenergiaa. Kello-ohjauksen rinnalla tulee olla ohituskytkin, jolla varaajan saa päälle tarvittaessa esimerkiksi runsaan käytön, kuten saunaillan, ajaksi. (Hietanen 2017, 64.)

Vierumäellä olevan omakotitalon lämminvesivaraaja ohjattiin vuorokausi kello-ohjauksella päälle kello 11:00 – 17:00 väliseksi ajaksi. Syyskuussa 2017 aurinkovoimala alkoi tuottaa energiaa aamusta noin 8:30 ja tuotanto jatkui aina 19:00 asti. Suurempi teho saatiin kello 10:00 jälkeen vain muutaman tunnin ajan.

Syyskuun 2017 alun tuotantoa päästiin seuraamaan myös Froniuksen Solar.web internet sivun kautta, josta voidaan graafisena nähdä aurinkovoimalan tuotannon vaihtelut. Syyskuun 11 päivän tuotanto on esitetty kuviossa 21, tuolloin päivä oli varsin pilvinen. Kuviosta huomataan myös selvästi tehopiikit, jotka syntyvät pilvien lähestyessä aurinkovoimalaa. Pilvien lähestyessä aurinkovoimalaa hajasäteily kasvaa ja saadaan hetkellisesti suurempi teho ennen kuin pilvet varjostavat aurinkopaneeleita.



KUVIO 21. Fronius Symo 4.5-3-S Invertteri tuotanto (Fronius Solar.Web 2017e)

Koska syyskuun alussa saatu aurinkovoimalan teho jäi päivällä suurimmillaan 2,25kW suuriseksi, voidaan lämminvesivaraajan tehonvalinnalla säätää kulutus paremmin vastaamaan tuotantoa. Pienemmällä teholla lämmitysaika on hieman pidempi, mutta näin aurinkovoimalan tuottama energia saadaan paremmin kohdennettua veden lämmitykseen. Tarkempi astronomisen kellokytkimen käyttö pelkässä kellokytkin ohjauksessa auttaa tilannetta, koska näissä malleissa huomioidaan auringon nousu- ja laskuajat. Lisäksi noihin aikoihin nähden voidaan säätää haluttu viive päällekytkennälle sekä ennakko aika poiskytkennälle.

Kellokytkintä valittaessa on huomioitava kellon koskettimien kytkentäteho. Lisäksi on huomioitava, että sähkölaitteiden valmistaja on varmistanut laitteen vaatimustenmukaisuuden ennen sen markkinoille saattamista ja

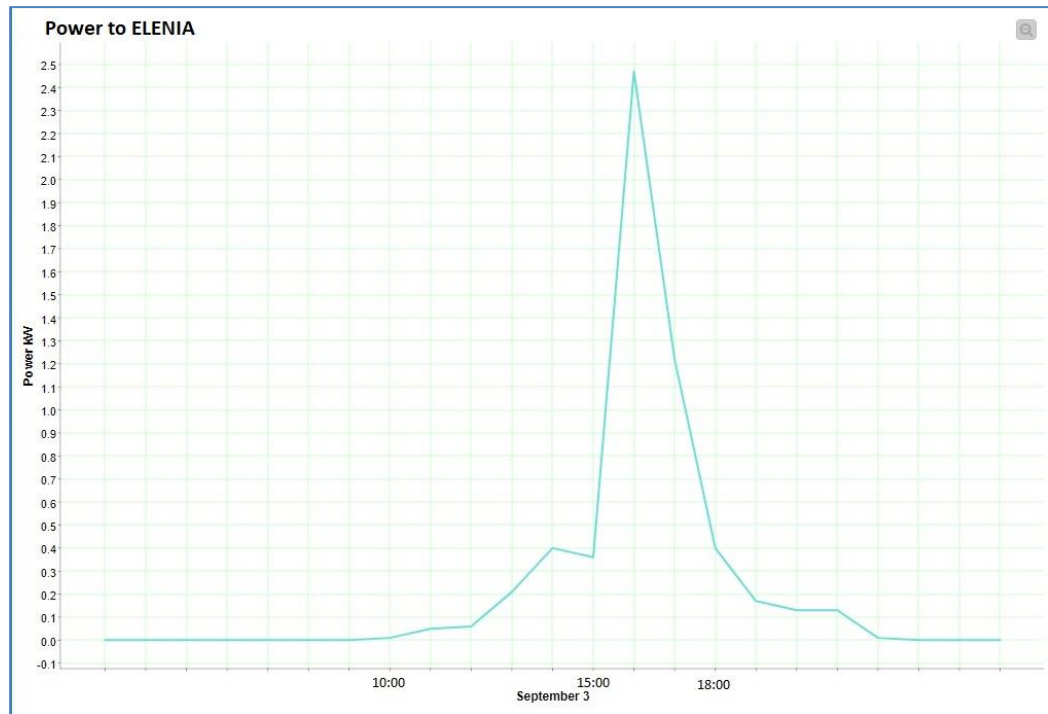
että laitteessa on CE-Merkintä. CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa, että laite täyttää kaikki merkinnän edellyttämät vaatimukset. (Tukes 2017.)

Omakotitalojen lämmityksen ohjaussulake on tavallisesti 10A, joten koskettimien tulee kestää sama virta. Kuvassa 7 on esitetty Orbis Oy:n valmistama astronominen kellokytkin, jonka ajastuksia voidaan säätää Bluetooth lisäosalla. Kellokytkin on tarkoitettu sähkökeskukseen asennettavaksi.



KUVA 7. Astronominen digitaalinen Orbis kello DIN-kiskoon (ORBIS TECNOLOGÍA ELÉCTRICA, S.A. 2017)

Koekäytön aikana huomattiin kuitenkin sateiden ja pilvisen ilman vuoksi, että aurinkoenergian tuotannon ajankohta vaihteli päivittäin aika paljon. Niinpä joinakin päivinä aurinkoenergiaa saatiin vasta iltapäivällä kello 15:00 jälkeen. Tämä voidaan selvästi todeta energiayhtiö Eleniaalta ladatusta omakotitalon energian tuotannon tuntikohtaisesta csv-tiedostosta, joka on esitetty KNIME:lla tulostetussa kuviossa 22.



KUVIO 22. Omakotitalon aurinkoenergian tuotanto 2017 syyskuun 3 päivä

Todetaan siis, että pelkällä kellolla ohjaten aurinkoenergian optimointi jää vain kohtalaiseksi.

Toinen tarkastelussa oleva omakotitalo sijaitsee Savonlinnassa. Valinnan perusteluna on samankaltainen talo kuin Vierumäellä oleva, mutta eri maantieteellinen sijainti. Omakotitalossa on asuinneliöitä 131m² ja omakotitalo on yksikerroksinen tiiliverhoiltu puutalo. Omakotitalossa oli ennen aurinkovoimalan asennusta käytössä kaksoistariffi eli yö sähkömittaus ja omakotitalon lämmitys on toteutettu sähköisellä lattialämmityksellä. Lisälämmityksenä on takka-leivinuuni yhdistelmä ja talossa on puulämmitteinen sauna. Omakotitaloon asennettiin kesällä 2017 JASolar 270Wp aurinkopaneelit katolle ja Fronius Symo 4.5-3-M invertteri. Aurinkovoimalassa on 16kpl paneeleita ja paneelien nimellisteho on 4,3kWp. Omakotitalon pääkeskukseen asennettiin Froniuksen Smart Meter 63A-3, joka kaapeloitiin Modbus väylällä invertteriin. Kuviossa 23 on esitetty Smart Meter periaate kytkentä.

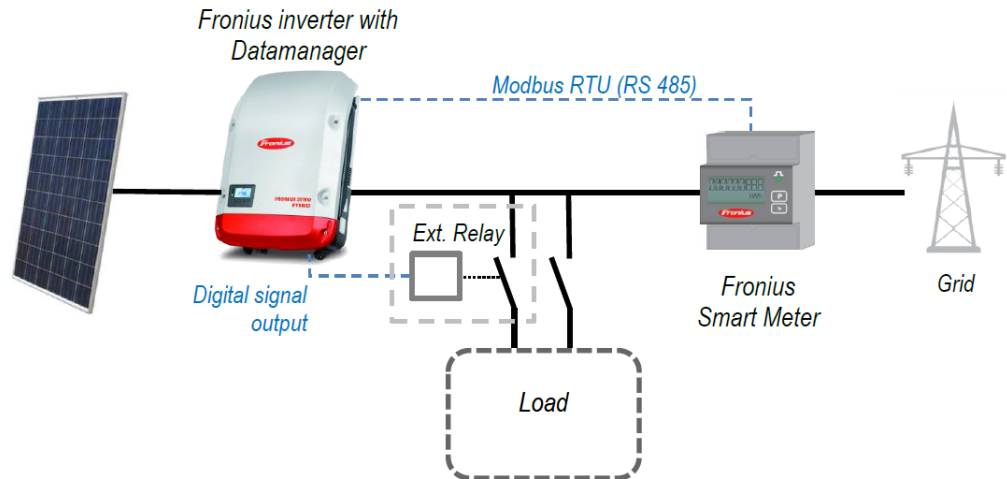


Figure 1 – Energy management function on external relay and energy meter

KUVIO 23. Fronius Energy Management Function (Fronius 2017, 2)

Tällä mittauksella talon sähkönkulutuksen seuranta saatiin tarkemmaksi ja reaaliaikaiseksi. Kuvassa 8 on esitetty Fronius Smart Meter 63A-3.



KUVA 8. Fronius Smart Meter (Fronius.com 2017)

Fronius Smart Meter 63A-3 on kaksisuuntainen tehomittari, jolla voidaan seurata kolmivaihesähkön jokaisen vaiheen energiankulutusta. Tarkan mittauksen ja nopean tiedonsiirron Modbus RTU -liitännän kautta saadaan talon energiankulutuksen mittaus Fronius Symo invertterille. Fronius

Solar.webin kanssa Fronius Smart Meter tarjoaa selkeän yleiskuvan kotitalouksien sähkönkulutuksesta. (Fronius.com 2017.)

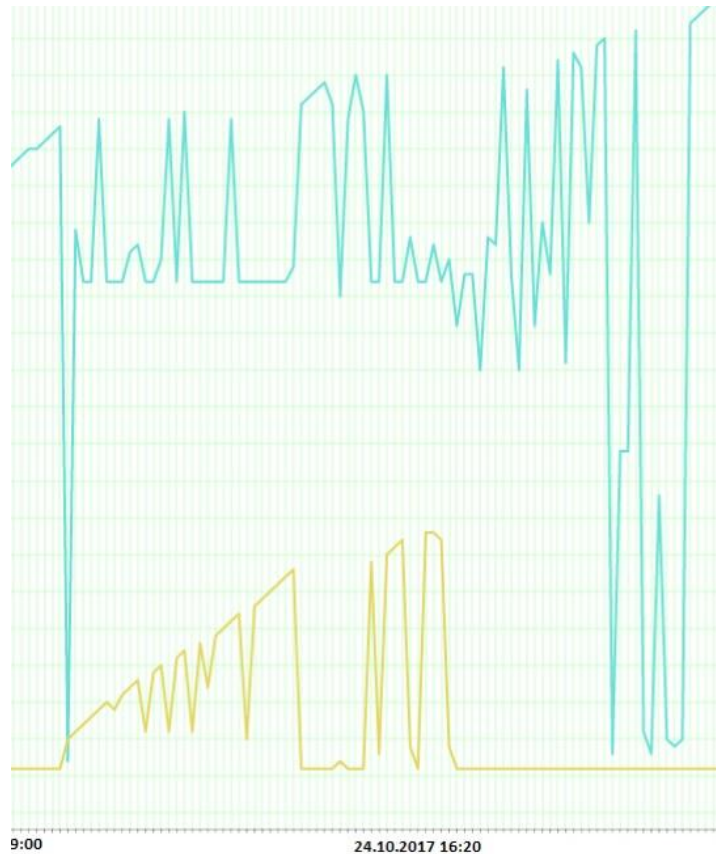
Savonlinnassa sijaitsevan talon lämminvesivaraajan ohjaukseen lisättiin kellokytkin. Kellokytkin on ohjelmoitu ajalle 10:20 – 19:00, minkä aikana lämminvesivaraajaan lämmitys on mahdollista. Kellokytkimen asettelussa on huomioitu pidempi aika iltaan, varmistamaan lämpimän veden riittäminen, aurinkoenergian saatavuudesta riippumatta. Samassa yhteydessä kaksoistariffimittaus vaihdettiin yksitariffimittaukseksi.

Kuviossa 24 on esitetty esimerkkinä omakotitalon vuorokauden energian kulutus 24.10.2017. Tästä kuvioista voitiin päätellä se, että aurinkovoimalan tuottama teho ei aivan osu kulutushuippujen kohdalle ja samoin, että lämminvesivaraajan lämmitystehoa 3kW ei saada syksyllä aurinkovoimalasta. Sama ilmiö toistui myös muina tarkastelu päivinä. Näihin havaintoihin perustuen, omakotitalon lämminvesivaraajan tehon valinta siirrettiin pienemmälle teholle 1kW:tiin ja aurinkoenergian tuotantoa päätettiin seurata kevään 2018 aikana. Seurannan tuloksien perusteella pyritään säätämään lämminvesivaraajan ohjainkellon kytkentäajat paremmin tuotantoa vastaavaksi.



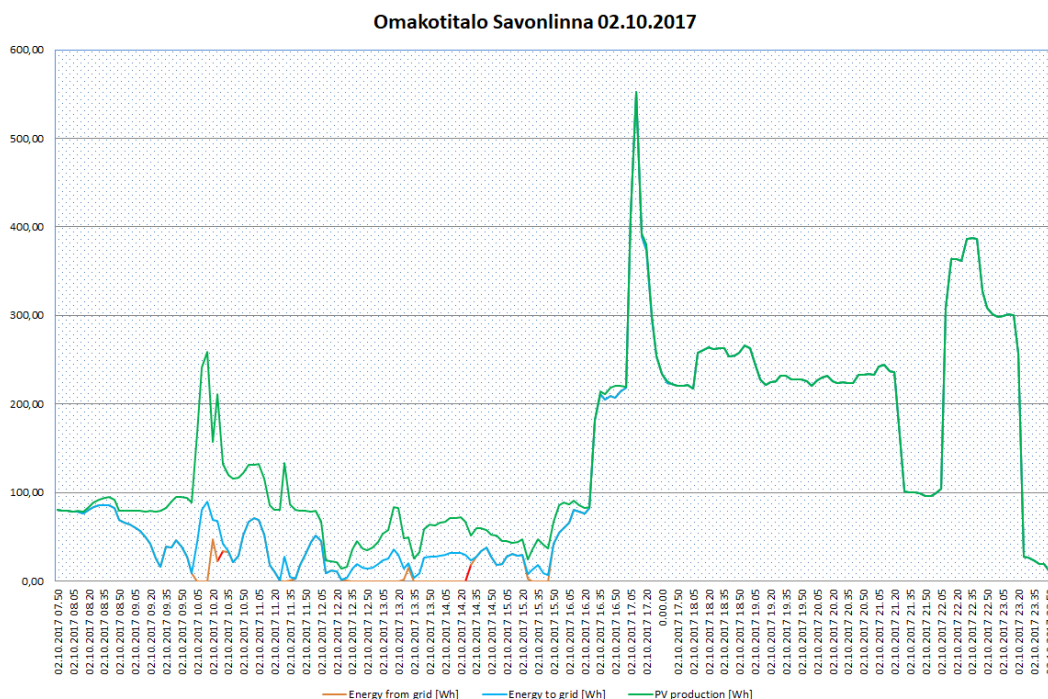
KUVIO 24. Savonlinnassa sijaitsevan omakotitalon Smart Meter mittaustulos

Kuvion 24 tulostukseen on otettu Smart Meter mittauksella Solar.web tulosteena kuvaaja kulutuksesta ja aurinkovoimalan tuottamasta energiasta. Tehon mittausta on tarkasteltu 5 minuutin tarkkuudella. Kuvaajista nähdään selvästi kuinka verkosta otettu teho laskee, kun saadaan aurinkovoimalalla tuotettua energiaa. Aurinkovoimalan tuottamasta tehosta havaitaan myös selvästi pilvisyyden vaikutus tuotantoon, koska tuotanto laskee selvästi pilvien varjostaessa aurinkopaneeleita. Tarkempaa tarkastelua varten, siirrettiin Smart Meter mittaustuloksen KNIME:een. Kuviossa 25 on esitetty osasuurennus KNIME:llä tarkastellusta omakotitalon tehon mittauksesta 24.10.2017 aurinkoenergian tuotantojaksolta. Verkosta otettu energia on kuvattu vihreällä ja aurinkovoimalan tuottama energia vaalean ruskealla. Pilvien vaikutus marraskuussa on selkeä ja pilvien varjostaessa aurinkoenergian tuotanto putoaa selkeästi.



KUVIO 25. Savonlinnassa sijaitsevan omakotitalon tehon mittauksen osasuurennos

Savonlinnassa sijaitsevan omakotitalon energiakulutusta tarkastellessa tarkemmin havaittiin myös tilanne, jossa kolmivaiheisesta syötöstä kaksi vaihetta otti energiaa sähköverkosta ja samanaikaisesti yksi vaiheista syötti aurinkovoimalalla tuotettua energiaa sähköverkkoon päin. Esimerkki tilanteesta on kuvattu graafisena kuviossa 26. Kuvio esittää omakotitalon energian kulutusta ja aurinkoenergia tuotantoa 02.10.2017. Kuvioista havaitaan kolme selkeää tilannetta, ensimmäinen kello 10:10 alkaen, seuraava tapahtuma kello 13:20 alkaen ja kolmas tapahtuma tarkastelu päivänä on 14:20 alkaen ja kestoiltaan tunnin mittainen tilanne. Tarkastelluissa ajankohdissa aurinkovoimala on tuottanut energiaa ja syöttänyt sitä verkkoon samanaikaisesti kun verkosta on otettu energiaa.



KUVIO 26. Savonlinnassa sijaitsevan omakotitalon mittaus 02.10.2017

Tämä ei tietenkään ole optimi tilanne energian kulutuksen ja laskutuksen kannalta. Tämän kaltaista tilannetta ei voida korjata kello-ohjauksella, vaan se vaatii tarkempaa ohjausmenetelmää.

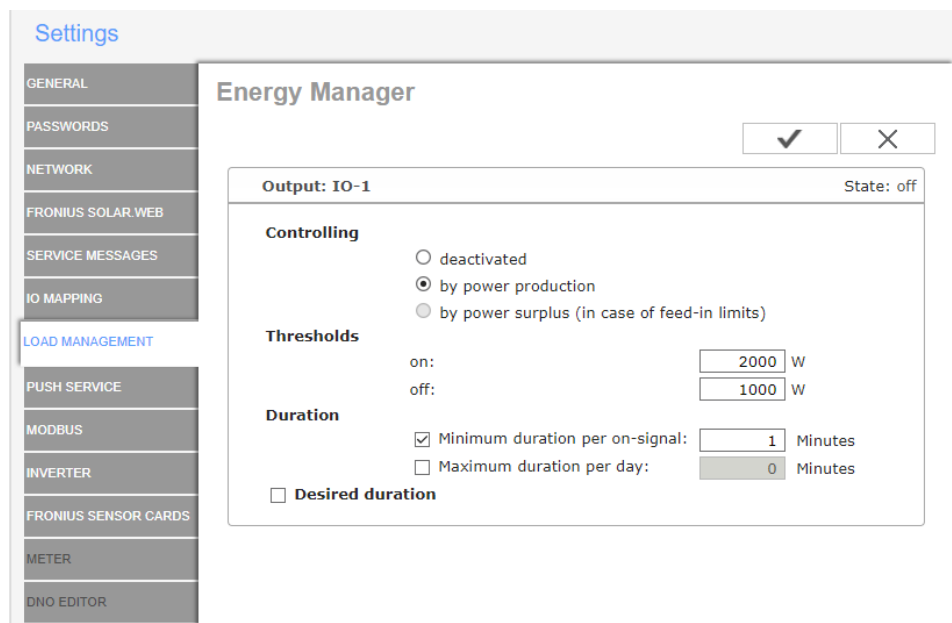
7.3.3 Lämpimän veden tuotto aurinkoenergian ohjauksella

Aurinkoenergian tuottamiseen käytetyissä eri valmistajien inverttereissä on mahdollista saada ohjauslähtö tai ohjausrele päälle kun energiaa tuotetaan. Tällä ohjauslähdöllä voidaan ohjata lämminvesivaraajan lämmitys päälle ja näin varmistaa, että lämmintä vettä tuotetaan ainoastaan aurinkoenergialla. Riskinä tällöin on se, että aurinkoenergiaa ei saada koko päivänä ja lämpimän veden tuotto jää saamatta. Tällä ohjausmenetelmällä varaajan koko olisi oltava samaa luokkaa kuin kello-ohjauksessa. Pelkän aurinkoenergia tuotannon ohjauksen rinnalla tulisikin olla kellokytkin, jolla varaaja on päällä minimi ajan vuorokaudesta. Ohjauksien rinnalla tulee olla myös ohituskytkin, jolla varaajan saa päälle tarvittaessa esimerkiksi runsaan käytön ajaksi.

Vierumäellä omakotitalossa olevassa Fronius Symo 4.5-3-S invertterissä on valmiina potentiaalivapaa kosketin, jonka toimintavaihtoehdot voidaan valita invertterin parametriasetuksilla. Invertterin asetuksia päästään muuttamaan invertterissä olevalla pienellä kosketusnäytöllä. Toinen vaihtoehto on käyttää parametointiin Fronius Solar.web mobiili sovellusta. Mobiili sovelluksen kautta päästään myös monitoroimaan aurinkovoimalan tuotantoa.

Ensimmäisessä koestetussa kytkennässä Vierumäellä olevan omakotitalon lämminvesivaraajan ohjaus kaapeloitiin invertterille, ja invertterin potentiaalivapaan koskettimen kautta kytkettiin lämminvesivaraajan kontaktorin ohjaus. Invertterin parametreissa aseteltiin koskettimen ohjaukseen energiatuotannon teho asetus. Kytkentäraajaksi, valittiin 2000W ja poiskytkentäraajaksi 1000W. Koskettimen päällä olon minimiajaksi ajaksi valittiin 1 min.

Toisessa testatussa kytkennässä Vierumäellä olevan omakotitalon lämminvesivaraajan ohjaus muutettiin datalogger kortin I/O-ohjaukseen. I/O-liitinpisteeseen lisättiin pieni apurele ja sen potentiaalivapaan koskettimen kautta kytkettiin lämminvesivaraajan kontaktorin ohjaus. Invertterin datalogger parametreissa aseteltiin I/O-pisteen ohjaukseen energiatuotannon teho asetus. Kytkentäraajaksi valittiin sama 2000W ja poiskytkentäraajaksi 1000W. Koskettimen päällä olon minimiajaksi ajaksi valittiin 1 min. Asetukset on esitetty kuviossa 27. Käyttämällä ohjaukseen datalogger kortin I/O-ohjauksia saadaan se etu, että asetuksia voidaan tehdä etänä ethernet-yhteyden kautta.



KUVIO 27. Fronius datalogger parametri asetus tehon ohjaukseen

Näillä asetuksilla saatiin lämpimän veden ohjaus päälle aurinkoenergia tuotannon saavutettua selvä tuotantoteho ja selvästi alemman poiskytkentärajan ansiosta saatiin riittävän suuri hystereesi ja ehkäistiin liian tiheät päälle tai poiskytkennät. Tällä kytkennällä saatiin lämpimän veden tuotanto toimimaan syyskuun 2017 lopussa. Kytkennän ja ohjauksen toimintaa seurataan jatkossa ja tehorojen valintaa voidaan tarkentaa seuraamalla energiakulutuksen muutoksia. Aurinkovoimalan tuotantotiedot kerätään pilvipalveluun ja analysointi voidaan tehdä esimerkiksi kuukauden seurannan jälkeen.

Pyrittäessä tarkempaan aurinkovoimalalla tuotetun tehon mukaiseen ohjaukseen, omakotitalon lämminvesivaraajan ohjaukseen lisättiin lisäksi kolme ohjausrelettä, joilla saadaan lämmitys teho käyttöön vaiheittain 1 - 3kW. Invertterin datalogger-kortin I/O lähdöt ohjelmoitiin invertterin tehon mukaan ohjattavaksi. Dataloggerin I/O lähdöt kytkettiin ohjaamaan lämminvesivaraajan tehon valintaa varten asennettuja puolijohdereleitä.

Releiden valinnassa on huomioitava tarvittava kytkentäteho ja suojaavan sulakkeen koko sekä CE-merkintä. Puolijohdereleiksi valittiin 0-piste kytkevät 20A puolijohdereleet. Puolijohderele on esitetty kuvassa 9. Nollapiste kytkentä puolijohdereleissä tarkoittaa sitä, että päälle ja pois

kytkentä suoritetaan aina siniaallon 0-pisteessä. Näin vältetään tehopiikeiltä sähköverkossa ja lämminvesivaraajan sähkövastuksessa.



KUVA 9. Puolijohderele (Phoenix Contact 2017)

Invertterin Dataloggerin IO-control parametriasetykset on esitetty kuviossa 28. Sopivan tehoasetuksen aikaansaamiseksi tuotantoa ja kulutusta tullaan seuraamaan pidempi ajanjakso. Seurannan tuloksia voidaan tulevaisuudessa käyttää lähtökohtana vastaavien kuormanohjauksien suunnittelussa ja aurinkovoimaloiden käyttöönotoissa.

✓ ✕

IO control

unlocked	Input pattern	Active power	Power factor cosφ	UC output	excluded inverter(s)	
	1 2 3 4 5 6 7 8					
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 50 %	<input type="checkbox"/> 1 <input type="radio"/> ind <input checked="" type="radio"/> cap	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="−"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 20 %	<input type="checkbox"/> 1 <input type="radio"/> ind <input checked="" type="radio"/> cap	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="−"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 5 %	<input type="checkbox"/> 1 <input type="radio"/> ind <input checked="" type="radio"/> cap	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="−"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 0 %	<input type="checkbox"/> 1 <input type="radio"/> ind <input checked="" type="radio"/> cap	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="−"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> <input type="radio"/> ind <input type="radio"/> cap	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="+"/>

... not applicable
 ... not considered
 ... pin open
 ... pin closed

KUVIO 28. Fronius Datalogger IO control asetus

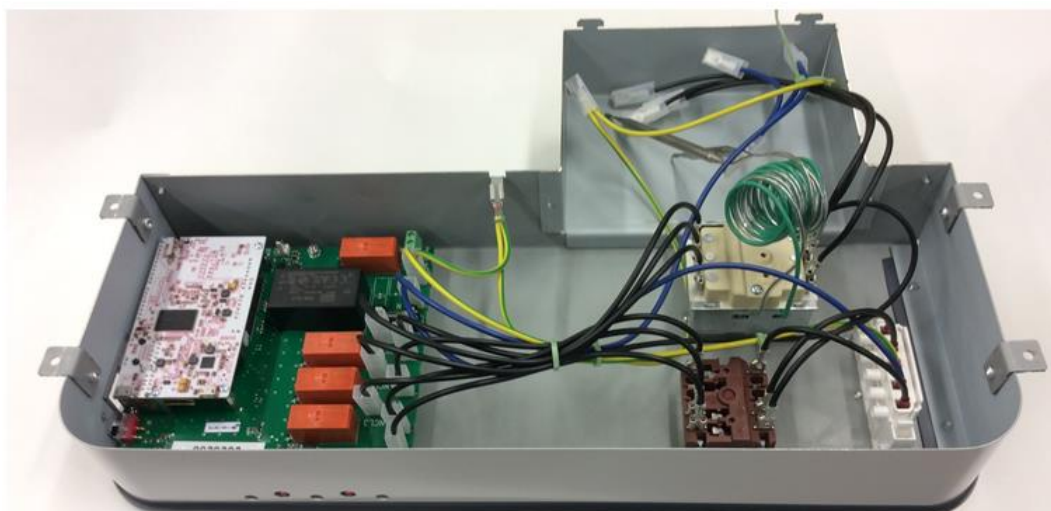
Ohjaus rajoiksi valittiin 5%, 20% ja 50% invertterin tuottamasta tehosta. Myös tässä ohjauksessa aurinkovoimalan tuotanto tiedot kerätään pilvipalveluun ja analysointi voidaan tehdä esimerkiksi kuukauden seurannan jälkeen. Tämän ohjauksen toiminnan seuranta tullaan suorittamaan kesällä 2018 ja ohjauskytkennän energian hyödyntämistä voidaan verrata edelliseen kytkentään.

7.3.4 Älyvaraaja Jäsپی

Raisiossa sijaitsee suomalainen lämminvesivaraaja tehdas Kaukora Oy. Heidän Jäsپی-lämminvesivaraajasta on saatavilla myös Älyvaraajaksi nimetty malli. Varaaja on liitettävissä ethernetin kautta tai ulkoisen wifi-usb-tikun avulla internettiin. Älyvaraajan ohjaus on hoidettu pilvipalvelun avulla. Ohjaus koostuu prosessorikortista ja relekortista, jota on esitetty kuvassa 10. Ohjaus on Linux-pohjainen. Älyvaraajan ohjaukseen on suunniteltu käyttöliittymä, jota voi käyttää esimerkiksi matkapuhelimella. Varaajaan on ohjelmoitu kolme ohjaustilaa eli mukavuustilaa, säästö-, normaali- tai luksusmukavuustila. Kun käyttäjällä on tuntihinnoiteltu

sähkösojimus, varaaja lämmitää vettä silloin kun energia on edullisinta. Muita ominaisuuksia ovat muun muassa lomakalenteri ja kulutusseuranta, jolla seurataan kuinka paljon energiaa kuluu veden lämmitykseen. Lisäksi varaajassa on vuotovahti ja seurantaohjelma toiminnoille.

Mielenkiintoinen ominaisuus on kysyntäjousto. Varaajan ohjaus saa tietoa sähkömarkkinoista ja pystyy ottamaan huomioon tuotanto- ja kysyntävaihtelut lämmitysaikataulussa. Kaukora Oy:n mukaan energiayhtiöt voivat vähentää kustannuksia kysyntäjoustop avulla ja pystyvät tarjoamaan Älyvaraajan käyttäjille edullista sähköä ja palveluita. Vastaava kysyntäjousto ominaisuus on kehitteillä aurinkovoimalan ohjauksiin. (Kaukora Oy 2018.)



KUVA 10. Älyvaraaja Jäspi sähkökytkentä (Kaukora Oy 2018)

Älyvaraajan yhdistäminen pilvipalvelun ja internetin kautta aurinkovoimalan ohjaukseen on mielenkiintoinen vaihtoehto. Käyttämällä WiFi-liitäntää säästytään mahdollisesti hankalilta internet kaapeloinneilta ja myös sähkökeskuksiin tehtäviltä muutoksilta säästytään koska varaajassa on jo ohjausreleet. Myös suora WiFi-liitäntä invertterin ohjaukseen tai aurinkovoimalan ohjauslaitteisiin on varmasti mahdollista. Älyvaraajan yhdistämisen mahdollisuuksia tutkitaan keväällä 2018.

7.3.5 Älykkään ohjaukseen lisättävät ominaisuudet

Älykkään ohjauksen toimintoja ja ominaisuuksia lisäämällä voidaan kohdentaa lämminvesivaraajan energian käyttöä ja omakotitalon muuta energian käyttöä paremmin vastaamaan aurinkoenergian tuotantoa.

Yksivaiheisten puolijohdereleiden käyttö lämminvesivaraajan ohjauksessa mahdollistaa portaittaisen tehon käytön lisäksi mahdollisuuden ohjata halutussa järjestyksessä kolmivaihe tehoa käyttöön. Näin menetellen voidaan vaikuttaa tässä työssä aiemmin kuvatun eri vaiheiden energiankulutuksen ja verkkoon syötön erojen korjaamiseen. Puolijohdereleitä käyttämällä myös päälle- ja poiskytkennät voivat tapahtua nopeasti ja kytkentätaajuus voi olla selvästi kontaktoriohjausta suurempi. Etuna on lisäksi kytkennän äänettömyys ja mahdollisesti häiritsevää kytkentä-ääntä ei synny ollenkaan. Koska lämminvesivaraajan lämmitysvastus on kuluva komponentti, voidaan vastuksen kolmea vastuselementtiä ohjata puolijohdereleillä vuoron perään käyttöön ja näin tasata käyttö kaikkien kolmen vastuksen kesken.

Valitsemalla älykäs ohjaus, joka huomioi auringon nousu ja -laskuajat eri vuodenaikoina, saadaan lämpimän veden tuotannon käyttämään energiaa tarkemmin optimoitua aurinkoenergian tuotannon ajankohtaan, ilman että käyttäjän tarvitsee muuttaa kellon ohjausaikoja. Tällaista älykästä ohjausta ei ole vielä markkinoilla, vaan älykäs ohjaus voidaan rakentaa käyttämällä ohjelmoitavaa logiikkaa tai vastaavaa ohjelmoitavaa laitetta, johon auringon nousu- ja laskuajat haetaan sähköisistä palveluista tai mahdollisesti käyttämällä laitteessa olevaa astrologista kelloa.

Yhdistettäessä ohjauslaite internetin voidaan hyödyntää esimerkiksi BCDC Energian energiasääennustetta eri paikkakuntien mukaisesti.

Energiasäätä seuraamalla aurinkoenergiaa käyttävät taloudet voivat ajoittaa sähkönkulutuksen hyvän energiasään ajaksi. Toisaalta omaa kulutusta voi vähentää, jos luvassa on pilvistä ja tuuletonta energiasäätä. (BCDC Energia 2017.)

Keräämällä aurinkoenergian tuotantotietoja ja seuraamalla lämminvesivaraajan ja omakotitalon muuta energiakulutusta pidemmän ajanjakson, voidaan kerätyistä tiedoista muodostaa ennuste hyväksi lämminvesivaraajan lämmitysajankohdaksi. Kerättyjen tietojen käsittely ja ennusteen laatiminen vaatii pidemmän ajan seurannan, ennen kuin älykkäällä ohjauksella voidaan sitä hyödyntää kunnolla.

Ohjauksessa tulee huomioida myös se, että vuorokauden aikana ei saada aurinkoenergiaa lainkaan, jolloin ohjauksen tulee kytkeä lämminvesivaraajan päälle automaattisesti. Lämminvesivaraajan veden lämpötilaa voidaan seurata esim. IoT-anturilla. Kun tiedetään veden lämpötila, voidaan asettaa raja-arvot, joilla lämminvesivaraaja kytketään päälle tai pois ja näin varmistaa lämpimän veden saanti ympäri vuorokauden.

7.3.6 Älykäs ohjaus käyttäen apuna ohjelmoitavaa logiikka.

Omakotitaloon Vierumäellä valittiin ohjelmoitavaksi logiikaksi Siemens Logo 8, joka on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Siemens LOGO 8 (Siemens 2018)

Siemens Logo 8 asennettiin omakotitalon aurinkopaneelien invertterin viereen lisättyyn koteloon ja sen ohjukseen kytkettiin lämminvesivaraaja, kaksi lattialämmitysaluetta ja talossa oleva ilmalämpöpumppu.

Siemens Logo 230RCE logiikkamoduuli sisältää näytön ja toimii käyttöjännitteellä 115V tai 230V. Logiikkamoduulissa on 8 digitaalista tuloa ja 4 relelähtöä. Logo 8:ssa on lisäksi ethernet liitäntä, integroitu web-palvelin, tietoloki sekä standardi microSD-kortti. (Siemens 2018.)

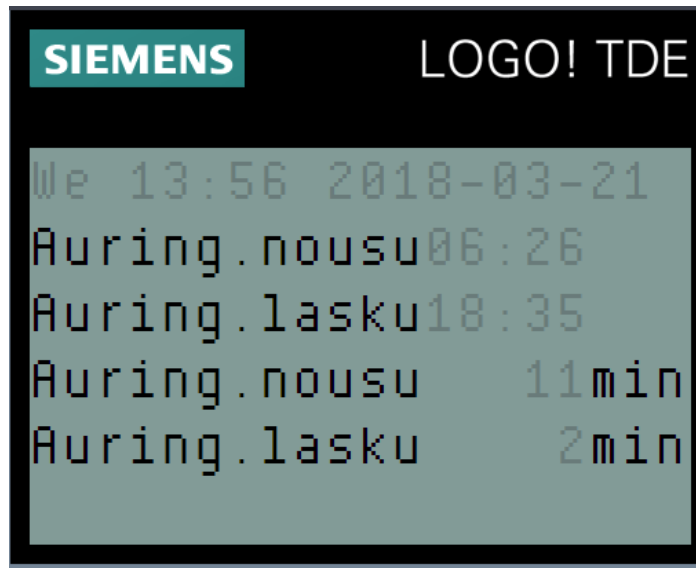
Siemens Logo valikoitui kohtuullisen hinnan ja ethernet yhteyden sekä web-palvelimen olemassa olon takia. Lisäksi laitteessa on valmiina 10A ohjukseen tarvittavat relelähdöt.

Kuviossa 29 on esitetty paikallisnäyttö ja tilatiedot, joista selviää, onko lämmitykset päällä vai ei.



KUVIO 29. Siemens LOGO 8 näyttö 1

Ohjauksessa huomioidaan auringon nousu- ja laskuajat, aurinkovoimalan tuottama teho ja lämminvesivaraajan sekä lattialämmitysten porrastus tehonkulutuksen huippujen välttämiseksi. Astrologisen kellon asetukset ja TDE-näyttö on esitetty kuviossa 30. Näytössä esitetään sen hetkinen päiväys ja aika, aurinkovoimalan sijainnin mukaan auringon nousu- ja laskuaika sekä niihin asetetut offset-arvot.



KUVIO 30. Siemens LOGO 8 TDE-näyttö

Astrologiselle kellolle annetaan aikavyöhyketiedon lisäksi sijaintipaikan koordinaatit sekä päälle- ja poiskytkennän offset-arvot, kuten kuvioista 31 ilmenee.

The image shows a web-based settings interface for an astrological clock. It is divided into two main sections: 'Location Info' and 'Time offset'.

Location Info:

- Location: Katajajarju (dropdown menu) with a 'Remove' button.
- Longitude: E (dropdown), 25 (spinners), °, 59 (spinners), ', 33 (spinners), ''.
- Latitude: N (dropdown), 61 (spinners), °, 5 (spinners), ', 43 (spinners), ''.
- Time Zone: GMT(+2) (dropdown menu).
- An 'Update' button is located below the Time Zone dropdown.

Time offset:

- Sunrise offset: 11 (spinners) Minutes.
- Sunset offset: 2 (spinners) Minutes.

KUVIO 31. Astrologisen kellon asetukset

Omakotitalon uudessa ohjauksessa huomioidaan se, että saadaanko päivän aikana riittävästi aurinkoenergiaa lämminvesivaraajalle. Jos energiaa ei tule riittävästi, ohjataan lämminvesivaraaja päälle yösähköllä kello 3:00 -6:00, ja näin varmistetaan, että lämmintä vettä riittää käytettäväksi koko vuorokaudeksi.

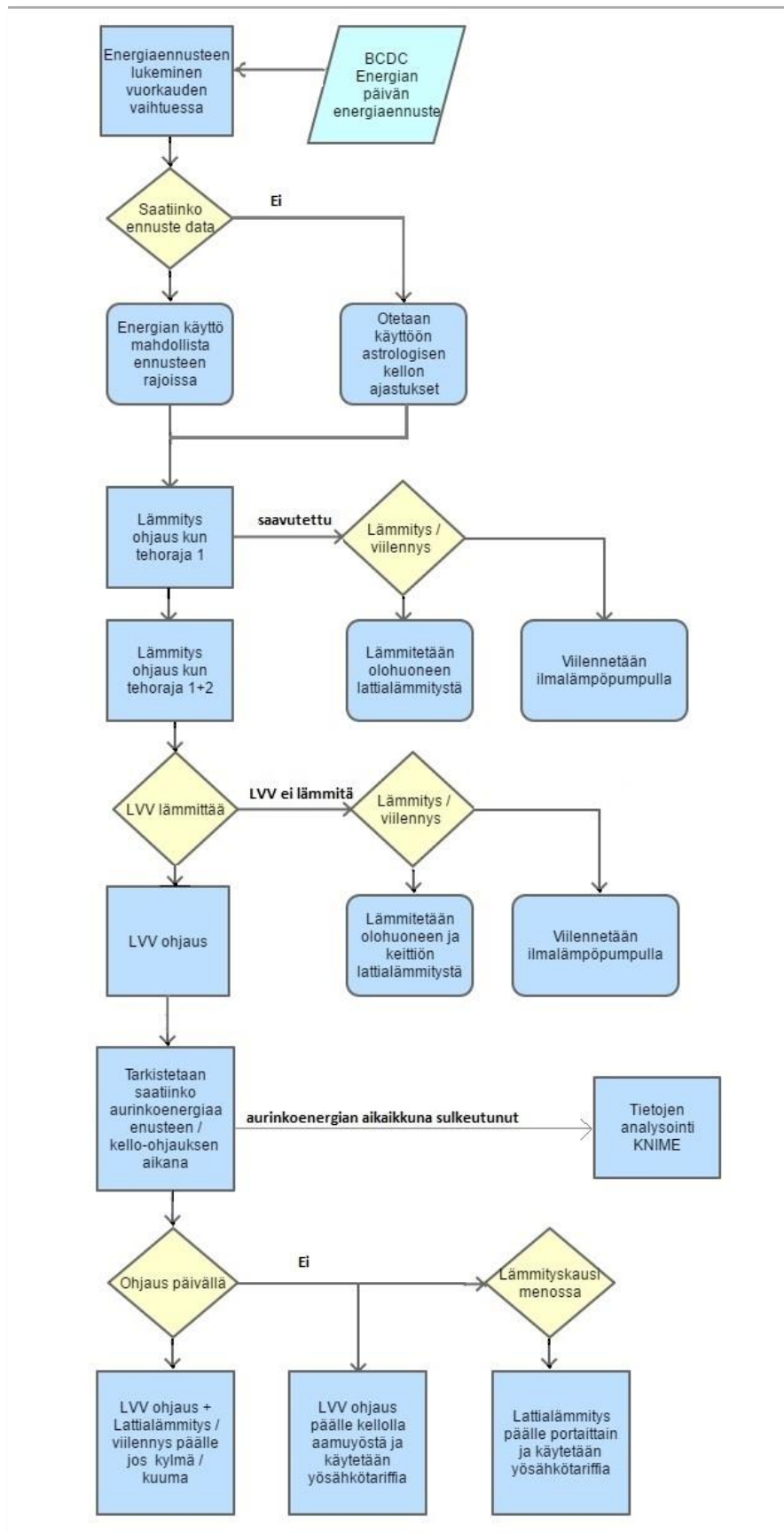
Kun lämminvesivaraajan takaisinkytkennästä saadaan tieto, että varaaja on lämmittänyt veden aseteltuun lämpötilaan ja lämminvesivaraaja ei tarvitse enää aurinkoenergiaa, voidaan ohjata lattialämmityksiä päälle porrastaen tai kesäaikaan talon viilennykseen käytetty ilmalämpöpumppu.

Ohjelmallisesti pyritään ohjaamaan lämmitykset päälle aurinkovoimalan tuottaman tehon mukaan ja lisäksi varmistaa omakotitalon lattian lämmitys sekä lämpimänveden riittävyys ohjaamalla lämmityksiä päälle tarvittaessa myös yösähköllä. Aurinkovoimalan tehon ja kello-ohjausten lisäksi ohjaukseen tuodaan BCDC Energian paikkakunnan mukaisesti annetusta sääennusteesta aurinkoenergian alku ja loppu kellonaika sekä suhteutettu aurinkovoimalasta saatava teho.

Käyttämällä ohjauksessa apuna ohjelmoitavaa logiikkaa, voidaan varautua internetyhteyden puuttumiseen tai internet palveluiden kautta haettujen tietojen puuttumiseen. Virhetilanteissa voidaan ottaa käyttöön ohjelmoitavan logiikkaan muistissa olevat kellonajat ja parametrit. Näin varmistetaan ohjausjärjestelmän toiminta myös mahdollisissa internetyhteyden häiriöissä. Lisäksi ohjelmoitavan logiikan parametreja ja esimerkiksi kellonaikoja voidaan muuttaa logiikassa itsessään olevan pienen käyttöliittymän kautta.

Ohjelmoitavan logiikan web-palvelimella saadaan ohjausjärjestelmän näytöt käyttöön internetin kautta tietokoneille ja esimerkiksi matkapuhelimiin ladattavalla sovelluksella. Tällä ominaisuudella voidaan tehdä myös pieniä ohjauksia. Tästä esimerkkinä voi olla tapaus, että päivällä saadaan tieto illaksi tulevasta useasta saunavieraasta, nyt voidaan ohjata lämminvesivaraaja matkapuhelimella heti päälle lämpimän veden riittävyyden varmistamiseksi.

Ohjausjärjestelmän muutosten yhteydessä jätettiin omakotitalon sähkökeskukseen ohjauskytkimet toimintaan, ja näillä kytkimillä voidaan kytkeä suoraan käsin lämminvesivaraaja ja lattialämmitykset päälle tarvittaessa. Tällä ohjauksella voidaan ohittaa koko ohjelmoitu ohjausjärjestelmä ja varmistaa aina omakotitalon lämmitykset.



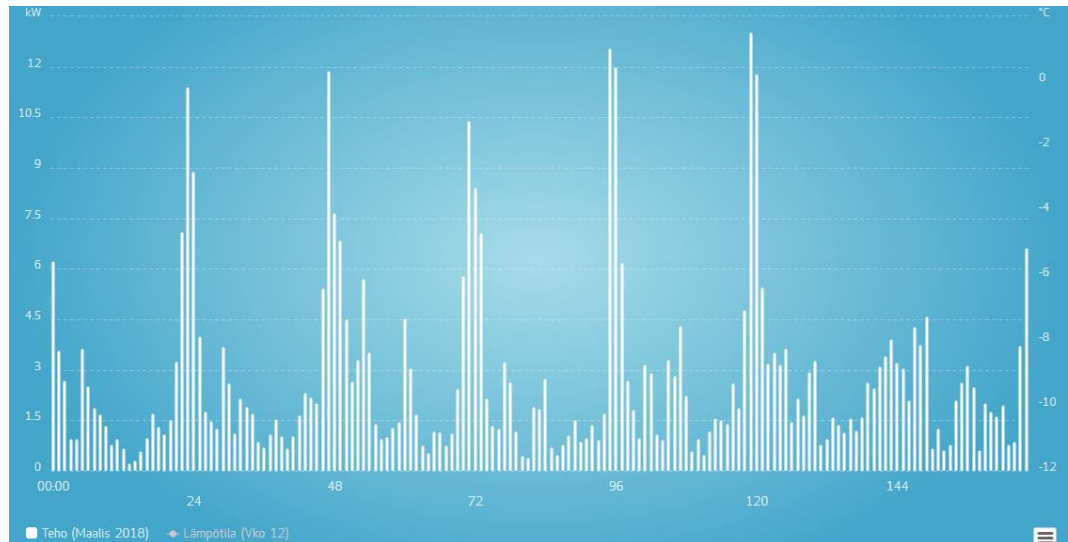
KUVIO 32. Omakotitalon ohjausjärjestelmän toimintakaavio

Kuviossa 32 on esitetty omakotitalon ohjauksen toimintakaavio. Vuorokauden vaihtumisen jälkeen luetaan energiasääennuste, josta saadaan aikaikkuna, jonka aikana aurinkoenergiaa on saatavilla. Jos ennustetietoa ei saada esimerkiksi internetyhteyden puuttumisen takia, otetaan käyttöön astronomisen kellon aikarajojen muodostama aikaikkuna energiatuotannolle. Muodostetun aikaikkunan sisällä seurataan aurinkovoimalasta saatua tehoa ja aseteltujen tehorojojen mukaisesti ohjataan lämminvesivaraajan lämmitystä ja lattialämmitystä tai viilennystä.

Ohjauksessa huomioidaan sekin vaihtoehto, että aurinkoenergiaa ei saada lasketussa aikaikkunassa ollenkaan. Siinä tapauksessa lämminvesivaraajan ja tai lattialämmitykset kytketään porrastaen päälle aikaikkunan umpeutumisen jälkeen. Käyttäjän asetuksista riippuen lämmitetään vettä ja lattioita jo päivällä tai lämminvesivaraajan sekä lattialämmitysten ohjaus kytketään päälle porrastaen yösähkötariffin mittauksen aikana. Porrastetulla päälle kytkennällä pyritään välttämään energiankulutuksen huippua ja tasaamaan energiankulutusta pidemmälle ajalle, samalla alentamaan energiansiirtomaksua.

Ohjauksessa tallennetaan lämmitysjaksojen pituus ja lukumäärä ohjelmoitavan logiikan muistiin. Samoin ohjausjärjestelmän tapahtumat ja aurinkovoimalan tuotanto tiedot tallennetaan seurantaa ja analysointia varten pilvipalveluun. Ohjausjärjestelmän toimivuutta tarkastellaan pidemmällä aikajaksolla ja energian kulutuksen sekä tuotetun energian tietoja voidaan verrata energiayhtiöltä saataviin tietoihin KNIME:llä.

Viikolla 12 tehty ohjauksen muutos tehoportaita hyödyntäväksi, näkyy selvästi kuviossa 33. Aamulla 24.3.2018 käyttöön otettu ohjaustapa ja ohjelmiston toimintamuutos näkyy heti kahden seuraavan vuorokauden tehohuipuissa.



KUVIO 33. Omakotitalon energiakulutus viikolla 12

Pidemmän testaus- ja seurantajakson aikana voidaan muuttaa ohjausjärjestelmän toimintaa ja esimerkiksi tehorojoja ja näin löytää sopivat asetusarvot aurinkoenergian käyttöön tässä omakotitalossa.

7.4 Talon käyttöliittymän ohjaukset

Kun aurinkoenergian hyödyntämiseen käytetään älykkäämpää ohjausta, tulee tarve myös muuttaa ohjauksen tilaa ja asetuksia valvonnan lisäksi. Tätä varten tarvitaan käyttöliittymä, joka on helppokäyttöinen. Ohjaus olisi luontevaa tehdä pilvipalvelun ja tai IoT-alustan kautta. Aurinkovoimalan energiatuotantotietojen ja omakotitalon sekä asukkaiden tietojen avulla tehdyt ohjaukset voisivat olla vedenlämmitys ja talon lämmitys päälle- tai poisohjaus sekä lämmityksen suora ohjaus esimerkiksi häiriötilanteessa.

Älykkään ohjauksen ohjausaikojen muutokset ja esimerkiksi ohjauksen muutokset poikkeavan vapaa-ajan mukaan on oltava mahdollista.

Harvemmin tarvittavia asetuksia voivat olla esimerkiksi tehorojojen asetus, koska aurinko energiaa käytetään lämmitykseen tai hälytysrajat häiriöilmoitusten lähettämistä varten.

Ohjauksien tekeminen älypuhelimilla tulee myös varmasti tarpeelliseksi. GreenEnergy Finland Oy:llä on jo nyt mobiili sovellus aurinkovoimalan

valvontaa varten ja siihen voidaan myöhemmin lisätä edellä kuvatut ohjaustoiminnot. Omakotitalojen hälytysjärjestelmiä, lukkoja ja kiinteistönohjausjärjestelmiä ohjataan myös monien eri toimittajien älypuhelin sovelluksilla ja myöhemmin voi tulla mahdolliseksi integroida aurinkoenergia järjestelmän ohjaukset näihin järjestelmiin tai näitä ohjauksia yrityksen omaan ohjausjärjestelmään. Toteutus vaatii yhteistyötä eri järjestelmien toimittajien kanssa.

8 YHTEENVETO

Aurinkoenergiaa hyödyntäviä voimaloita asennetaan kiihtyvällä vauhdilla omakotitaloihin, maataloihin, julkisiin rakennuksiin ja myös teollisuuteen. Suomen talvi ja kaamosaika huonontaa aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksia, mutta aurinkopaneelien neliötehon nopea kehitys ja aurinkoenergian älykkäämmällä ohjauksella voidaan tätäkin energiatuotantoa lisätä.

GefVision on skaalautuva pilvipohjainen tiedonkeruujärjestelmä, jota kehitetään energiaohjausten tarpeiden mukaan. Tavoitteena on ohjata joustavasti aurinkoenergialla tuotettua energiaa kulutuksen ja varastoinnin kautta. GefVision perustuu pilvipalveluun, pilvipalvelussa olevaan tietokantaan ja ohjausohjelmistoon sekä GEF Readeriin, jolla aurinkovoimalan tiedot luetaan.

Vaihtoehtoja aurinkoenergian tiedonkeruujärjestelmän laajentamiseksi on runsaasti. Opinnäytetyössä tutkituista vaihtoehdoista Wapice Oy tarjoama IoT-Ticket alusta on sovellustestaukseen sopiva vaihtoehto. Toinen varsin monipuolinen alusta on Azure IoT-alusta, jota voi käyttää jatkokehityksessä.

Omakotitaloissa aurinkoenergian hyödyntämisvaihtoehdoista tehokkain lienee lämpimän käyttöveden lämmitys. Kokeilluista kytkennöistä jo ensimmäinen lämminvesivaraajan ohjaus kellokytkimellä paransi energiatehokkuutta. Invertterin ohjauslähdöllä ohjatulla lämminvesivaraajalla saavutettiin jo huomattavasti parempi aurinkoenergian hyödynnettävyys. Kun ohjaukseen lisättiin ohjelmoitava logiikka, saatiin myös teho portaat ja esimerkiksi energia ennusteet mukaan ohjaukseen. Käyttämällä ohjelmoitavaa logiikkaa varmistetaan ohjauksen toiminta myös internet yhteyksien häiriötilanteissa.

8.1 Energian mittaus ja IoT-energiamittarit

Energiamittarien kehitystä on selvästi ohjannut energialaitosten tarve etälukea mittareita. Energiamittarit ovatkin pääasiassa energiayhtiöiden omaisuutta. Pienimuotoisten energiatuottajien, kuten aurinkoenergiakin pääasiassa on, mittaustarpeet tulevat varmasti lisääntymään, mutta vielä ei markkinoilla ole paljoa mittareita IoT-luku mahdollisuuksilla.

Energiayhtiöiden oman mittaustiedon käyttö GreenEnergy Finland Oy:n ohjausjärjestelmissä vaatii määrittelyjä mitä dataa ja missä muodossa se olisi saatavilla energiayhtiöiltä. Lisäksi energiayhtiöiden datan käytöstä on tehtävä yritysten välillä sopimus.

Suomessa mittareita on verraten vähän markkinoilla ja energiamittarit ovatkin pääosin energiayhtiöiden toimittamia. Energiayhtiöiden mittaustiedot eivät ole kuluttajille ja tai aurinkoenergia voimaloiden toimittajille reaaliaikaisia. Tästä syystä kiinteistöön tulevan tai sieltä lähtevän energian mittaukseen olisi löydettävätaloudellisesti sopiva ratkaisu. Eräs vaihtoehto olisi tulevaisuudessa omakotitalojen sähkölaitteiden kytkeytyessä IoT:n kautta samaan järjestelmään hyödyntää laitekohtaisesti energimittauksia.

8.2 Tietojen kerääminen, tallennus ja tietoturva

Tässä työssä ei varsinaisesti syvennytty tietoturvakysymyksiin. Tietojen keräämisessä ja tallennuksessa, esimerkiksi pilvipalveluun, pitää huomioida sopimuksissa asiakkaiden kanssa. Samoin tiedon tallentamiseen liittyvät määräykset ja esimerkiksi tietosuojalain vaatimukset.

Ohjauksien tekeminen etäohjauksella esimerkiksi pilvipalveluiden kautta altistaa järjestelmät esimerkiksi palvelunestohyökkäyksille. Myös järjestelmän muut toiminnalliset häiriöt voivat sekoittaa järkevän tai turvallisen toiminnan. Nämä pitää huomioida varautumalla häiriöihin esimerkiksi keskuksissa olevilla ohjauskytkimillä.

8.3 Omakotitalojen energiaohjaus

Kahteen omakotitaloon rakennettujen ohjausten toiminta on jo lyhyen käytön jälkeen parantanut aurinkoenergian käyttöä. Molemmissa taloissa on pystytty hyödyntämään tarkemmin aurinkoenergiaa.

Savonlinnassa olevan omakotitalon Fronius Smart Meter avulla on voitu ohjata kulutus tarkemmin oikeaan ajankohtaan ja myös eri vaiheiden kuluttamaa tehoa on voitu tasata seuraamalla ja analysoimalla kerättyjä tietoja. Omakotitalon aurinkoenergian tuotanto tiedot ja talon kulutustietoja kerätään kevään ja kesän 2018 ajan. Tietoja seurataan ja analysoidaan tämän ajan ja tuloksien mukaan voidaan täsmentää esimerkiksi kellokytkimen ohjaus aikoja.

Vierumäellä olevan omakotitalon ohjausjärjestelmä on saatu toimimaan paremmin käyttäen apuna ohjelmoitavaa logiikkaa. Logiikkaan siirretyillä tiedoilla, kuten energiasää ennusteella, on saatu energian käyttöä optimoitua huomattavasti paremmaksi. Aurinkoenergian tuotantotiedot ja talon kulutustietoja kerätään ja analysoidaan kevään ja kesän 2018 ajan. Kerättyjen tietojen, energiayhtiön kulutustietojen ja niiden perusteella tehtyjen analyysien mukaan voidaan ohjauksen asetuksia, kuten tehorojoja, muuttaa tarvittaessa.

8.4 Älykkyyden lisäys tulevaisuudessa

Aurinkoenergian lisäominaisuudet, kuten liittäminen kiinteistön hälytysjärjestelmään, on mahdollisesti seuraava tutkittava ja koestettava ominaisuus. Hälytysjärjestelmän valmistajan kanssa on aloitettava keskustelut eri mahdollisuuksista ja kuinka ominaisuus olisi lisättävissä.

Myös Jäspi älyvaraajan ominaisuudet ovat kiinnostava vaihtoehto liitettäväksi älykkääseen ohjaukseen. Sopivan kohteen hakeminen ja kartoitus ohjauksen testaamiseksi on aloitettu. Todennäköinen kohde voisi olla uusi omakotitalo, johon älyvaraaja asennetaan aurinkovoimalan lisäksi.

LÄHTEET

Aalto Yliopisto. 2016. FinSolar 2016. [viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-6767-4>

ABB Oy. 2016. Solar power solutions [viitattu 06.01.2017]. Saatavissa: <http://new.abb.com/solar>

Ainacom. 2017a. [viitattu 01.05.2017]. Saatavissa: <http://www.ainacom.fi/palvelut/iot>

AinaCom. 2017b. Yritysten opas IoT-ratkaisuun [viitattu 02.05.2017]. Saatavissa: <http://www.ainacom.fi/iot-opas>

AinaCom. 2017c. Palvelujen kuvaus, IoT-rajapinta [viitattu 18.07.2017]. Saatavissa: AinaCom Oy.

BCDC Energia 2017. Energiasää [viitattu 01.11.2017]. Saatavissa: <http://www.bcdcenergia.fi/energiasaa/>

Cleantech Finland. 2016. [viitattu 11.01.2017]. Saatavissa: <http://www.cleantechfinland.com>

Collin J., Saarelainen A. 2016. Teollinen internet. Helsinki: Talentum.

Country and regional maps for Europe [viitattu 20.12.2016]. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur_old.htm

Davis 2017. Vantage pro2 [viitattu 06.05.2017]. Saatavissa: <https://www.davisnet.com/solution/vantage-pro2>

Django Software Foundation. 2016 [viitattu 05.01.2017]. Saatavissa: <https://www.djangoproject.com/foundation>

Cloud 9. 2017 [viitattu 05.02.2017]. Saatavissa: <https://cloud9.nebula.fi/app.html>

Docs Microsoft. 2017. Overview of the Azure IoT Hub service [viitattu 14.04.2017]. Saatavissa: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-what-is-iot-hub>

Elenia Aina. 2017. Oma Elenia [viitattu 27.07.2017]. Saatavissa: <https://asiakas.elenia.fi/kulutus>

Elisa IoT. 2016. [viitattu 18.04.2017]. Saatavissa: <http://www.elisa.com/iot/>

Energiamittaus.fi. 2017. [viitattu 08.05.2017]. Saatavissa: <http://www.energiamittaus.fi/palvelut/sahkon-alamittaus-ja-alamittarit/>

- European Commission (IET). 2016. Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe. [viitattu 18.12.2016]. Saatavissa:
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_cmsaf_opt/PVGIS_EU_201204_publication.png
- Finlex 66/2009. [viitattu 09.09.2017]. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066>
- Fronius. 2017a. [viitattu 08.09.2017]. Saatavissa:
<https://www.fronius.com/en/about-fronius/history>
- Fronius. 2017b. [viitattu 10.09.2017]. Saatavissa:
<https://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/inverters/fronius-symo/fronius-symo-4-5-3-s>
- Fronius. 2017c. [viitattu 10.09.2017]. Saatavissa:
<https://www.fronius.com/en/about-fronius/company-values>
- Fronius.com. 2017. Smart Meter [viitattu 24.10.2017]. Saatavissa:
https://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-FB856BBB-2CED7CE5/fronius_australia/hs.xsl/25_9930.htm#.WnhNeeageUk
- Fronius. 2015. Quick guide, Energy Management Funktion. Australia: Fronius Australia Pty. Ltd, 2015 [viitattu 12.04.2017]. Saatavissa:
https://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-0F5AA4F2-584461EA/fronius_australia/hs.xsl/25_11014.htm#.Wrknxj-sbct
- Github. 2017. IoT-Ticket.com [viitattu 12.04.2017]. Saatavissa:
<https://github.com/loT-Ticket>
- Google Android Things. 2017. [viitattu 16.04.2017]. Saatavissa :
<https://developer.android.com/things/sdk/index.html>
- Grafana Lab. 2016. Grafana Labs [viitattu 05.04.2017]. Saatavissa:
<https://grafana.com/grafana>
- GreenEnergy Finland Oy. 2016a. [viitattu 28.09.2016] .Saatavissa:
<http://www.gef.fi/fi/>
- GreenEnergy Finland Oy. 2016b. Tampere Energia-alan messut [messu seminaari 2016].
- Hietanen Ville. 2013. Diplomityö Käyttövesivaraajan ekosuunnitteluvaatimusten merkityksen arvioiminen rakennusten energiahallinnassa [viitattu 16.04.2017]. Saatavissa:
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/93299/diplomityo_villehietanen.pdf?sequence=2
- Influxdata. 2017. The complete Time Series Platform for IoT Applications [viitattu 28.01.2017]. Saatavissa: <https://www.influxdata.com/>

- Ilmatieteenlaitos. 2017a. Kuinka sääennuste syntyy [viitattu 25.01.2017]. Saatavissa: http://ilmatieteenlaitos.fi/saaennuste?p_p_id=locationmenuportlet_WAR_fmiiwwwweatherportlets&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_locationmenuportlet_WAR_fmiiwwwweatherportlets_action=changelocation
- Ilmatieteen laitos. 2017b. Avoin data [viitattu 26.01.2017]. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data>
- Ilmatieteen laitos. 2017c. Open data manual [viitattu 25.01.2017]. Saatavissa: <http://en.ilmatieteenlaitos.fi/open-data-manual>
- Ilmatieteen laitos. 2017d. Avattavat aineistot [viitattu 25.01.2017]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-avattavat-aineistot>
- IoT Analytics. 2016. 5 Things To Know About The IoT Platform Ecosystem [viitattu 21.03.2017]. Saatavissa: <https://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform>
- IoT-Ticket. 2017. [viitattu 20.12.2016]. Saatavissa: <https://www.iot-ticket.com/fi/>
- Järvinen, P. & Järvinen, A. 2011. Tutkimustyön metodeista. Tampere: Opinpajan kirja.
- Kamstrup. 2017a. Smart-grid [viitattu 06.05.2017]. Saatavissa: <https://www.kamstrup.com/fi-fi/products-and-solutions/smart-grid>
- Kamstrup. 2017b. [verkkojulkaisu]. [viitattu 06.05.2017]. Saatavissa: <https://www.develcoproducts.com/products/meter-interfaces/kamstrup-meter-interface/>
- Kaukora. Oy 2018. [verkkojulkaisu]. [viitattu 18.03.2017]. Saatavissa: <https://www.alyvaraaja.fi>
- Knime. 2017. [viitattu 12.12.2017]. Saatavissa: <https://www.knime.com/knime-analytics-platform>
- Liikenne ja Viestintävirasto. 2017. [viitattu 12.12.2017]. Saatavissa: <https://www.lvm.fi/tiedon-hyodyntaminen>
- Microsoft Azure. 2017. What is Azure Event Hubs? [viitattu 14.04.2017]. Saatavissa : <https://azure.microsoft.com/en-us/develop/iot/>
- Motiva. 2016. Säteilyn määrä [viitattu 27.11.2016]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa
- Nebula. 2016. Managed Cloud [viitattu 17.11.2017]. Saatavissa: <https://www.nebula.fi/ict-ratkaisut/digitaalinen-liiketoiminta/yllapida/managed-cloud>

Orbis Tecnologia Electrica S.A. 2017 [viitattu 27.11.2017]. Saatavissa: <http://www.orbis.es/products/lighting-and-street-lights-management/time-switches/astronomic>

Phoenix Contact. 2017. Solid-state contactor [viitattu 27.11.2017]. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2297138&library=fifi&pcck=P-02-01-01&tab=1&selectedCategory=ALL>

Schneider Electric. 2016. METSEPM5560 [viitattu 27.02.2017]. Saatavissa: <http://www.schneider-electric.us/en/product/METSEPM5560/>

Siemens Oy. 2017 [viitattu 27.12.2017]. Saatavissa: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/6ED10521FB00BA8>

SMA. 2017. Monitoring & Control [viitattu 07.05.2017]. Saatavissa: <http://www.sma.de/en/products/monitoring-control>

Solar.web. 2017a. Fronius Solar.web [viitattu 20.11.2017]. Saatavissa: <https://www.solarweb.com/Home/TermsAndConditions>

Solar.web. 2017b. Fronius Solar.web [viitattu 20.11.2017]. Saatavissa: <https://www.solarweb.com/PvSystems/PvSystem?pvSystemId=11a53ee5-5557-454d-b8a8-0e2067f6707a>

Solar.web. 2017c. Fronius Solar.web [viitattu 21.11.2017]. Saatavissa: <https://www.solarweb.com/PvSystems/PvSystem?pvSystemId=11a53ee5-5557-454d-b8a8-0e2067f6707a>

Solar.web. 2017d. Fronius Solar.web [viitattu 22.11.2017]. Saatavissa: <http://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/home/system-monitoring/visualisation/fronius-solar-web-app/fronius-solar-web-app>

Solar.web. 2017e. Fronius Solar.web [viitattu 22.11.2017]. Saatavissa: <https://www.solarweb.com/old/NewCharts/Chart/11a53ee5-5557-454d-b8a8-0e2067f6707a/00000000-0000-0000-0000-000000000000/Day>

Suomen Lämpömittari Oy. 2017. WeatherHub-sääasema [viitattu 06.05.2017]. Saatavissa: <https://lampomittari.fi/tuotteet/weatherhub-saaasema/>

Tukes. 2017. Sähkölaitteet [viitattu 21.12.2017]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/>

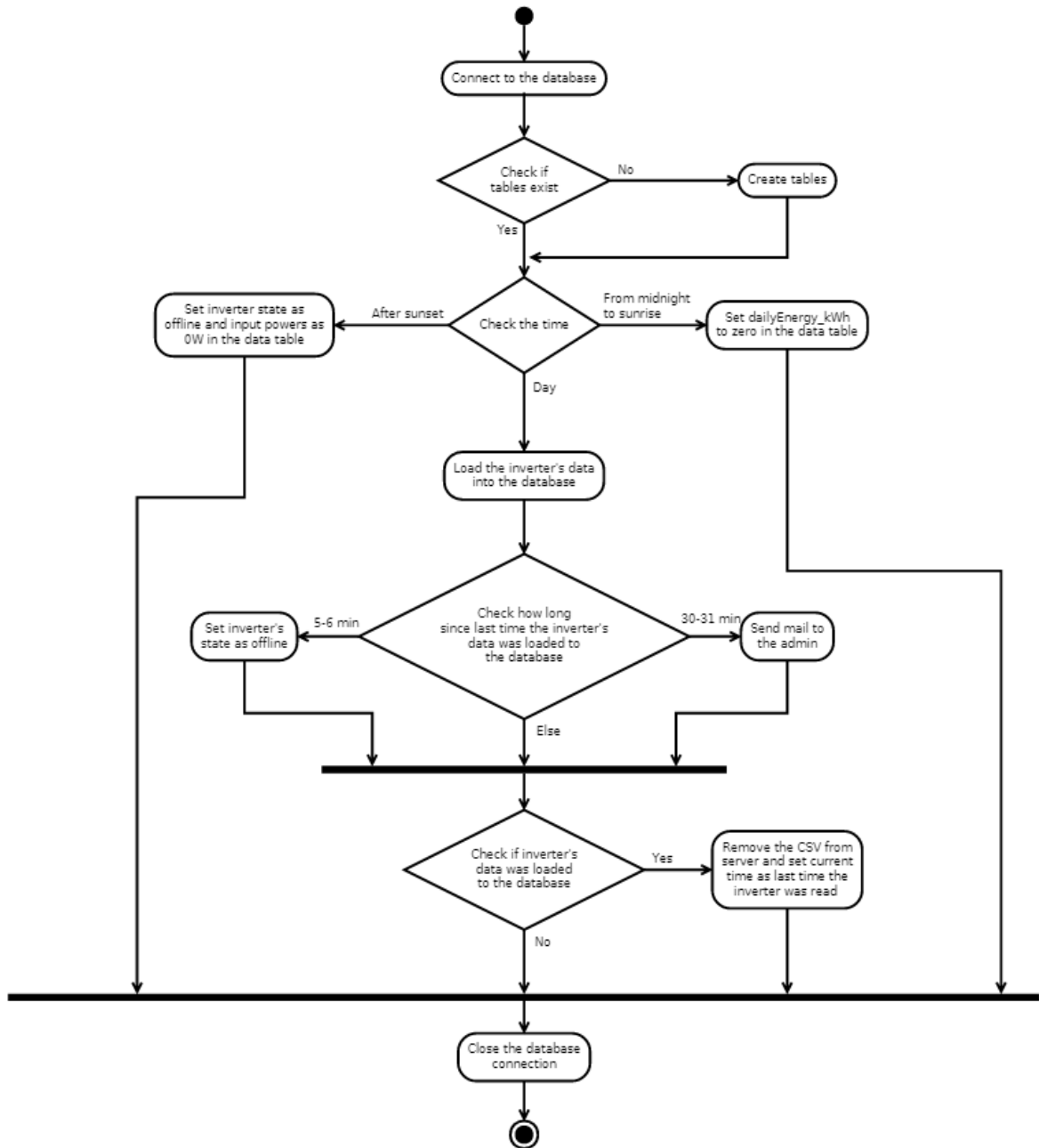
UpCloud. 2016a. Yritys [viitattu 28.01.2017]. Saatavissa: <https://www.upcloud.com/fi/yritys/>

UpCloud. 2016b. Ominaisuudet [viitattu 17.02.2017]. Saatavissa: <https://www.upcloud.com/features/>

Wapice. 2017. IoT-Ticket® [viitattu 03.05.2017]. Saatavissa:
https://www.iot-ticket.com/images/Files/IoT-Ticket.com_IoT_API.pdf

LIITE 1.

GEF-Vision™ invertterien tuotantotietojen luku tietokantaan toimintakaavio.



LIITE 2.

Nebula pilvipalvelun tärkeimmät ominaisuudet:

- Support Windows and Linux servers
- Compatible with OpenStack cloud
- Unlimited capacity
- Two independent access areas with 100% availability
- >10 Gb/s network
- Web user interface for handling resources
- Ready infrastructure templates
- Ready CLI, API and SDK interfaces and tools
- Object storage and different speed disk space options
- Programmable network technology
- AWS S3 compatible interface
- With Nebula cloudconnection connect as part of your company network
- Network connections to world via Nebula fast and reliable network
(Nebula 2016.)

UpCloud pilvipalvelun tärkeimmät ominaisuudet:

- In-house developed MaxIOPS disk systems
- Freely scalable and preconfigured cloud servers
- 0,5-1 Gb/s network
- InfiniBand networking
- 100% SLA with 50x payback for any downtime of over 5 minutes.
- CLI, API interfaces
- In-house developed control panel
- Linux and Windows support
- Free of charge two factor authentication
(UpCloud 2016.)

Cloud 9 pilvipalvelun tärkeimmät ominaisuudet:

- For rapid application development
- Scalable for changing requirements
- More manageable
- More integration
- For develop best practises
- Automation: infrastructure orchestration and automation
- Manageability: Version control for infrastructure
- Integration to companys development environment
- 28.000 open source OpenStack developers
- Flexibility in minute detail
- DevOps consultation for best practises
- OpenShift, Kubernetes and Docker
(Cloud 9 2017.)