

Oskari Mäntylä

TEOLLISUUDEN ENERGIAMITTAUS JA
ENERGIATEHOKKUUDEN OPTIMOINTIPALVELUN
ESISELVITYS

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2019

TEOLLISUUDEN ENERGIAMITTAUS JA ENERGIATEHOKKUUDEN OPTIMOINTIPALVELUN ESISELVITYS

Mäntylä, Oskari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2019
Sivumäärä: 45
Liitteitä: 2

Asiasanat: energiatehokkuus, energiankulutus, sähkönkulutus, energiajärjestelmät

Energiatehokkuuslaki vaatii suuria yrityksiä tekemään energiakatselmuksia neljän vuoden välein. Energiakatselmuksilla pyritään parantamaan yrityksen energiatehokkuutta ja analysoimaan yrityksen energiankulutusta.

Yritys vapautuu energiatehokkuuslain mukaisista energiakatselmuksista, jos yrityksellä on käytössään ISO 50001 mukainen järjestelmä tai yrityksellä on käytössään ISO 14001 ympäristöjärjestelmä sekä ETJ+ energiatehokkuusjärjestelmä tai yritys on liittynyt energiatehokkuussopimukseen.

Opinnäytetyössä kerrotaan ISO 50001 ja ETJ+ energiahallintajärjestelmien vaatimuksista ja niihin liittyvistä toimenpiteistä sekä energiatehokkuussopimuksen ja energiakatselmusten tarkoituksesta ja sisällöstä.

Opinnäytetyössä esitetään teollisuuden yleisimpiä laitteita, mistä teollisuuden sähkönkulutus muodostuu sekä kerrotaan esimerkkejä, joilla voidaan säästää niiden sähkönkulutuksessa ja miten niitä voidaan käyttää energiatehokkaammin.

Opinnäytetyössä perehdyttiin myös olemassa oleviin energiahallintajärjestelmiin ja palveluihin. Opinnäytetyössä kerrotaan näiden järjestelmien toiminoista, ominaisuuksista ja rakenteista.

Työssä haastateltiin eri kokoisia teollisuusyrityksiä ja kartoitettiin energiahallintajärjestelmän asiakastarpeita. Työssä on raportoitu haastattelun tulokset ja kerrottu sekä arvioitu teollisuusasiakkaiden tarpeita.

Opinnäytetyön tuloksena on ehdotus energiahallintajärjestelmäpalvelusta, jonka UTU Oy:n tulisi toteuttaa, jos UTU Oy aikoo toteuttaa energiahallintajärjestelmäpalvelun.

INDUSTRIAL ENERGY MEASUREMENT AND PRELIMINARY STUDY FOR ENERGY EFFICIENCY OPTIMIZATION SERVICE

Mäntylä, Oskari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical and automation engineering

November 2019

Number of pages: 45

Appendices: 2

Keywords: energy efficiency, energy consumption, electricity consumption, energy systems

The Energy Efficiency Act requires large companies to conduct energy audits every four years. Energy audits are designed to improve company's energy efficiency and analyse its energy consumption.

Companies that have an energy management system according to ISO 50001 or have an ISO 14001 environmental system and has an ETJ+ energy management system or has signed an energy efficiency agreement, don't have to conduct energy audits required by the Energy Efficiency Act.

This thesis describes the requirements of ISO 50001 and ETJ + energy management systems (EnMS) and related measures, as well as the purpose and content of the energy efficiency agreements and energy audits.

The most common equipment and machines used in industry, which make up most of the industry's electricity consumption are described in this thesis. Examples of how to save on electricity consumption and how to use the equipment and machines more energy efficiently are explained as well.

The thesis also explains existing energy management systems and services. The thesis describes the functions, properties and structures of these systems.

The work involved interviewing industrial companies of different sizes and identifying customer needs for an energy management system. The results of the interview are reported, and the needs of the industry customers are reported and evaluated.

The result of this thesis is a proposal for an energy management system service that UTU Oy should implement, if they are going to implement an energy management system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TYÖN TOIMEKSIANTAJA UTU OY	7
3	ENERGIATEHOKKUUS	8
3.1	Energiatehokkuus säädökset	8
3.1.1	Energiatehokkuuslaki (1429/2014)	8
3.1.2	Energiatehokkuussopimus 2017-2025	9
3.1.3	Valmistelussa olevat säädökset	10
3.2	Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT)	11
4	ENERGIATEHOKKUUDEN ANALYYSIMENETELMÄT	12
4.1	Energiakatselmus.....	12
4.1.1	Energiakatselmuksen sisältö	13
4.1.2	Kohdekatselmuksen sisältö.....	13
4.2	Energiatehokkuuden mittaaminen	14
5	ENERGIAMITTAUS- JA DATA-ANALYYTIKKAJÄRJESTELMÄT	16
5.1	Data-analysoinnin vaiheet	16
5.2	Energiajärjestelmien standardit ISO 50001	17
5.2.1	Johdon vastuu	18
5.2.2	Energiapolitiikka	18
5.2.3	Energian suunnitteluprosessi.....	19
5.2.4	Osaaminen, viestintä ja dokumentointi	19
5.2.5	Järjestelmän toteuttaminen	20
5.2.6	Järjestelmän arviointi.....	21
5.2.7	ISO 50001-standardin yhteenveto	21
5.2.8	ISO 50001-standardin mukainen energianmittausjärjestelmä..	21
5.3	Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+.....	22
5.4	Energiahallintajärjestelmän sertifiointi	23
6	TEOLLISUUDEN ENERGIATEHOKKUUS	24
6.1	Sähkömoottorit.....	24
6.1.1	Mitoitus	25
6.1.2	Moottorin käynnistäminen	26
6.1.3	Taajuusmuuttajan käyttö.....	26
6.1.4	EC-moottorit	27
6.2	Paineilmajärjestelmät.....	27
6.2.1	Paineilmajärjestelmän käyttöpaine	28

6.2.2	Paineilman energiatehokkuuden seuranta	28
6.3	Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät	29
6.3.1	Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmien energiansäästö.....	30
6.3.2	Lämmöntalteenotto	30
6.4	Valaistus	30
6.5	Kiinteistöautomaatio	31
6.6	Energiatehokkuustoimenpiteiden energiansäästöpotentiaali.....	31
7	NYKYISET JÄRJESTELMÄT	33
7.1	ABB CpmPlus Energy Manager	33
7.2	SIMATIC Energy Management	34
7.3	Enerkey.....	35
8	TEOLLISUUDEN TARPEET	36
8.1	UTU Oy haastattelu	36
8.2	Trelleborg haastattelu.....	37
8.3	SSAB haastattelu	38
8.4	Haastattelujen yhteenveto	40
8.5	Tarpeiden arviointi.....	41
9	ENERGIATEHOKKUUDEN SÄÄSTÖPOTENTIAALI CASE-KOHITEESSA	42
9.1	Esimerkkikohde UTU Oy.....	42
9.2	Tulosten arviointi	44
10	JÄRJESTELMÄN PALVELUMALLI	46
10.1	Palvelun toteuttamisen riskit ja haasteet.....	47
10.2	Esimerkki järjestelmästä	47
11	YHTEENVETO.....	50
	LÄHTEET.....	51
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä esiselvitys teollisuuden energiamittaus ja energiatehokkuuden optimointipalvelulle. Tarkoituksena on selvittää millainen energiatehokkuuden optimointipalvelu UTU Oy:n kannattaa tarjota teollisuusasiakkaille. Esiselvitys on rajattu sähköenergiatehokkuuteen ja sähköenergiesäästöihin.

Kiristyvät energiatehokkuusvaatimukset lisäävät energiatehokkuusjärjestelmien tarvetta ja kysyntää. Energiatehokkuudella pyritään vähentämään hiilidioksidipäästöjä sekä energiatehokkuutta parantamalla voidaan tehdä kustannussäästöjä energiankulutukseen.

Tämän hetkinen energiatehokkuussopimuskausi on 2017-2025, joka on jatkoa vuonna 2008 tehdyille energiansäästösopimuksille. Energiatehokkuussopimukset ja energiakatselmuksukset ovat Suomen keskeinen tapa vastata EU:n asettamiin energiatehokkuusdirektiivien velvoitteisiin. Energiatehokkuussopimukset ovat vapaaehtoisia, mutta energiatehokkuuslaki velvoittaa suuret yritykset tekemään energiakatselmuksen neljän vuoden välein.

Energiakatselmuksien tavoitteena on analysoida yrityksen energiankäyttö. Energiakatselmuksista voi välttyä, jos yrityksellä on käytössään ISO 50001 mukainen energiahallintajärjestelmä tai yrityksellä on ETJ+ energiahallintajärjestelmä ja ISO 14001 mukainen ympäristöjärjestelmä tai yritys on liittynyt energiatehokkuussopimukseen. Energiahallintajärjestelmien avulla pyritään jatkuvaan ja systemaattiseen energiatehokkuuden parantamiseen yrityksessä.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA UTU OY

Työn toimeksiantaja UTU Oy valmistaa ja myy sähkökeskuksia ja kojeistoja sekä toimii sähkötekniisten komponenttien, johtokanava- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmien maahantuojana. Lisäksi UTU on laajentanut liiketoimintaansa automaation puolelle toimittamalla moottorikäyttöjä, taajuusmuuttajia, ohjelmoitavia logiikoita sekä käyttöliittymiä ja niiden muodostamia automaatiokäytösuunnitelmia. Yritys työllistää noin 170 henkilöä Suomessa, Virossa, Latviassa, Liettuassa ja Norjassa. (UTU:n www-sivut 2018.)

Yritys on perustettu vuonna 1919, jolloin yritys keskittyi sähkökoneiden ja -tarvikkeiden myyntiin sekä sähköasennuksiin ja korjaustoimintaan. UTU Oy aloitti sähkökeskusten valmistuksen vuonna 1944. UTU Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu vakiosähkökeskukset kerrostaloasuntoihin, omakoti- ja rivitaloihin. Yritys valmistaa myös asiakkaille räätälöityjä erikoiskeskuksia sekä toimii sähköasemien kokonaistoimittajana. (UTU:n www-sivut 2018.)

3 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuus on osa yrityksen tuotantotehokkuutta sekä kilpailukykyä. Energiatehokkuuden parantamista varten yritys määrittää tavoitteet, vastuuhenkilöt, kulutuksen seurantamenetelmät sekä tavoitteiden perusteella tehtävät toimenpiteet. (Motiva 2014, 5.)

Energiatehokkuutta parantamalla pyritään ensisijaisesti vähentämään energiankulutusta sekä hiilidioksidipäästöjä. Jatkuvaan energiatehokkuuden parantamiseen kuuluu oman energiankäytön tunteminen ja seuranta, energiansäästämahdollisuuksien selvittäminen ja toteuttaminen sekä energiatehokkuuden huomioiminen investoinneissa. (Energiatehokkuussopimukset [www-sivut 2019.](#))

3.1 Energiatehokkuus säädökset

Euroopan unionin asettamat direktiivit ohjaavat energiankäyttöä ja -kulutusta koskevia kansallisia määräyksiä. Uudistuva energiatehokkuusdirektiivi ottaa enemmän kantaa myös teollisuuden energian käyttöön.

3.1.1 Energiatehokkuuslaki (1429/2014)

Energiatehokkuuslaki astui voimaan 1.1.2015. Laissa säädetään muun muassa energiatehokkuuden edistämisestä ja energiatehokkuuden parantamiseksi tehtävistä energiakatselmuksista. Lakia sovelletaan esimerkiksi yrityksiin, jotka myyvät tai jakelevat sähköä tai kaukolämpöä. Laki koskee myös suu-riksi luokiteltuja yrityksiä, joiden palveluksessa on vähintään 250 työntekijää, tai vuosiliikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma on yli 43 miljoonaa euroa. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014.)

”Yrityksen energiakatselmus on pakollinen suurille yrityksille. Pakollinen yrityksen energiakatselmus on tehtävä vähintään neljän vuoden välein. Pakolliseen yrityksen energiakatselmukseen sisällytettävä kohdekatselmus ei saa olla neljää vuotta vanhempi.” (Energiatehokkuuslaki 1429/2014 6§.)

”Jos yrityksessä on käytössä eurooppalaisten tai kansainvälisten standardien mukaisesti riippumattoman elimen toimesta sertifioitu energianhallintajärjestelmä tai ympäristönhallintajärjestelmä, johon sisältyy tässä laissa ja sen nojalla säädettyjen vähimmäisvaatimusten mukaisesti tehty energiakatselmus, yritys vapautuu tekemästä 6 §:ssä tarkoitettua pakollista energiakatselmusta.” (Energiatehokkuuslaki 1429/2014 7§.)

Energiakatselmuksella tarkoitetaan järjestelmällistä menettelyä, jolla kerätään tietoa konsernin tai yrityksen energiankulutuksesta ja raportoidaan katselmuksen tuloksista. Yrityksen energiakatselmuksessa otetaan huomioon kaikki yrityksen energiankäyttökohteet, joita ovat rakennukset, teollinen ja kaupallinen toiminta sekä liikenne. Energiakatselmukseen on myös sisällytettävä kohdekohtaisia katselmuksia, jotta saadaan muodostettua kuva yrityksen kokonaisenergiatehokkuudesta. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014.)

Energiavirasto valvoo energiatehokkuuslain säädösten ja määräysten noudattamista. Säästöjen ja määräysten laiminlyönnistä energiovirasto voi langettaa yritykselle uhkasakkolain (1113/1990) mukaisen sakon. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014.)

3.1.2 Energiatehokkuussopimus 2017-2025

Energiatehokkuussopimuksilla ohjataan yritystä systemaattiseen energiankäytön seuraamiseen. Tavoitteena on energiatehokkuuden jatkuva ja suunnitelmallinen parantaminen. Yrityksen tulee dokumentoida kaikki sen energiatilanteeseen ja -tehokkuuteen liittyvät tavoitteet, vastuut, toimintatavat ja parannustoimet energiatehokkuusjärjestelmään. (Energiavirasto.)

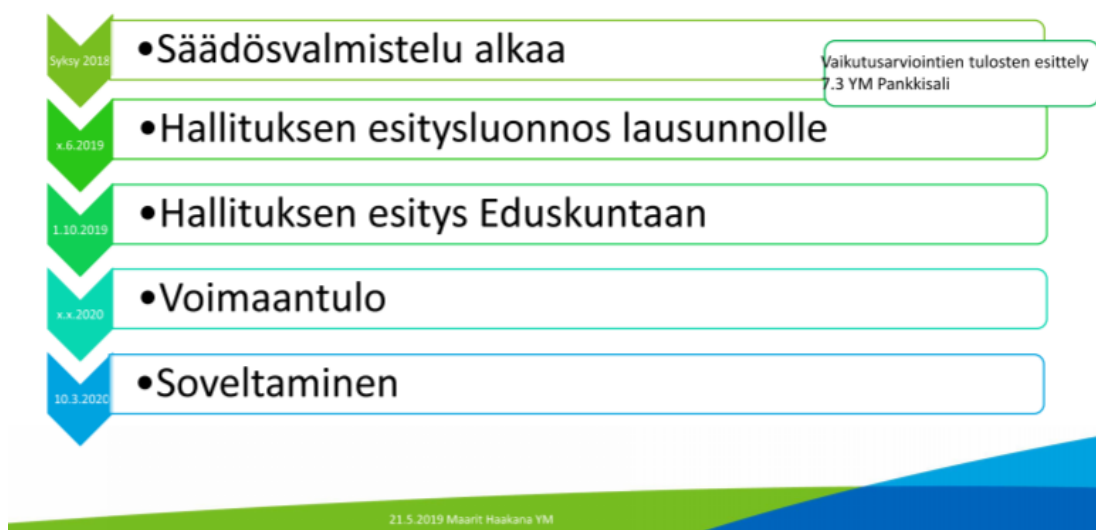
Energiatehokkuussopimukset ovat Suomen keskeinen keino toimeenpanna EU:n energiatehokkuusdirektiivin velvoitteet. Energiatehokkuussopimukset ovat vapaaehtoisia ja niillä edistetään energiatehokkuuden toteutumista eri toimialoilla. Energiatehokkuustoimenpiteiden raportointi kuuluu energiatehokkuussopimukseen liittyneille ja se on tärkeä osa Suomen energiansäästön raportointia EU:lle. (Energiavirasto.)

3.1.3 Valmistelussa olevat säädökset

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin EPBD (Energy performance of buildings) muutoksen 2018 mukaan EU:n jäsenvaltioiden on säädettävä vaatimuksia koskien ei-asuinrakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmiä. Ympäristöministeriön asetus rakennusten teknisistä järjestelmistä koskee ei-asuinrakennuksia, joissa lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien nimellisteho on yli 290 kW. Tämän kaltaiset kiinteistöt tulee varustaa rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmällä vuoteen 2025 mennessä, kun tämä on taloudellisesti ja teknisesti toteutettavissa. Kuvassa 1 on esitetty valmistelussa olevien säädösten aikataulu. (Haakana 2019.)

Rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmillä on kyettävä jatkuvasti seuraamaan, kirjaamaan ja analysoimaan energian kulutusta sekä mahdollistamaan sen mukauttaminen. Järjestelmällä on myös kyettävä tekemään energiatehokkuudesta vertailevaa analyysiä sekä havaitsemaan rakennuksen teknisten järjestelmien tehokkuushävikki ja ilmoittaa energiatehokkuuden parantamiseen liittyvistä mahdollisuuksista. Järjestelmän tulee olla yhteensopiva rakennusten sisäisten laitteiden kanssa riippumatta valmistajasta sekä mahdollistaa viestintä rakennuksen muiden teknisten järjestelmien kanssa. (Haakana 2019.)

Valmistelun aikataulu



Kuva 1. Säädösten suunniteltu aikataulu (Haakana 2019)

3.2 Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT)

Suomessa vuonna 2000 voimaan tulleella International Plan Protection Convention-direktiivi (96/61EC) koskee suurimpia teollisuuslaitoksia, kuten energiatuotantolaitoksia ja metallien tuotantoa. IPPC-direktiivi asettaa vaatimukset parhaan käytettävissä olevan tekniikan käyttämisessä toiminnoissa, jotka aiheuttavat ympäristön pilaantumista. Parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla tarkoitetaan mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä sekä teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotantomenetelmiä, joilla voidaan ehkäistä ympäristön pilaantumista. (Heikkilä, Huumo, Siitonen, Seitsalo & Hyytiä 2008, 14-15.)

4 ENERGIA TEHO KUUDEN ANALYYSIMENETELMÄT

Energiatehokkuuden laatua voidaan arvioida tekemällä energiakatselmuksia. Energiakatselmusten tavoitteena on analysoida katselmuskohteen energiankäyttö, selvittää energiansäästöpotentialiaali ja kehittää kustannustehokkaita toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi.

4.1 Energiakatselmus

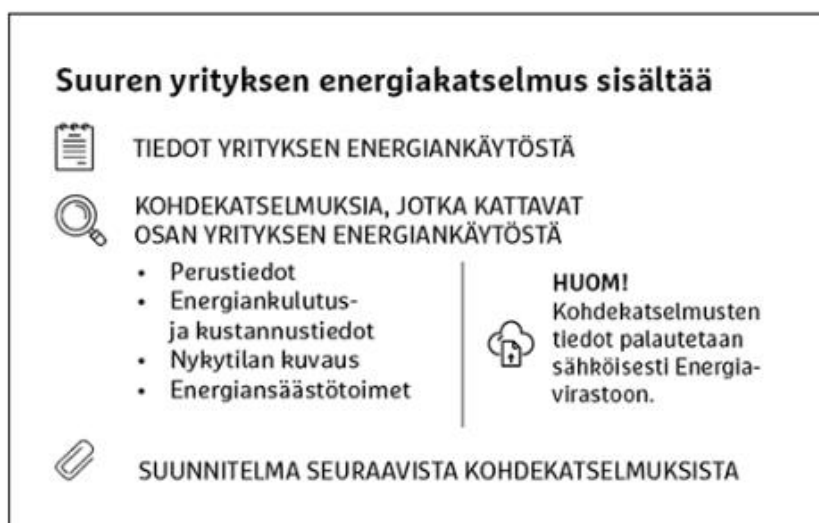
Energiakatselmuksessa tutkitaan kohteen energiankulutusta mittauksista ja laskelmista saaduilla tiedoilla. Saaduilla tiedoilla voidaan paikallistaa energiankäytön tehostamismahdollisuudet sekä tiedoilla voidaan havaita kohde tai alue, jossa energiaa käytetään eniten. Tällöin voidaan aloittaa energiankäytön tehostaminen eniten energiaa käyttävästä kohteesta, josta on myös mahdollista saada suurimmat energiasäästöt. Teollisuuden energiakatselmuksien perusteella tehtyjen investointien takaisinmaksuaika on ollut keskimäärin kaksi vuotta. (Motivan www-sivut 2017b.)

Energiakatselmuksissa tulee noudattaa Työ- ja elinkeinoministeriön yleisohjeita ja katselmusten mallikohtaisia ohjeita. Katselmuksen laajuus määräytyy katselmuskohteen laajuuden ja monimuotoisuuden perusteella. Energiakatselmuksen saa tehdä vain riittävän pätevä henkilö. Katselmuksen vastuhenkilö vastaa siitä, että energiakatselmus on lain asetusten mukainen. Pätevyyttä varten Energiavirasto kouluttaa yhteistyössä Motivan kanssa vastuuhenkilöitä tekemään yrityksen energiakatselmuksia. (Motivan www-sivut 2017b.)

Energiakatselmuksien raportoidaan ja niiden keskeiset tiedot toimitetaan Energiavirastolle. Energiavirasto myös valvoo, että energiakatselmuksien tehdään määräaikaan mennessä lain mukaisesti (Energiavirasto 2018, 7). Yrityksen energiakatselmuksen vähimmäisvaatimukset on esitetty energiatehokkuuslaissa (Energiatehokkuuslaki 1429/2014 8§).

4.1.1 Energiakatselmuksen sisältö

Energiakatselmus sisältää koko yrityksen tai konsernin kaikki energiankäyttöön liittyvien toimintojen energiakulutukset energialajeittain ja sen on sisällettävä tietty määrä kohdekatselmuksia yksittäisistä kohteista. Energiakatselmuksraportissa tulee selvittää yrityksen energiatehokkuutta parantavat toimet sekä suunnitteilla olevat toimet. Lopuksi energiakatselmuksen tulee sisältää suunnitelma seuraavasta energiakatselmuksesta ja siihen sisältyvistä kohdekatselmuksista. Energiakatselmuksen sisältö on esitetty kuvassa 2. (Energiavirasto 2018, 5.)



Kuva 2. Energiakatselmuksen sisältö (Energiavirasto 2018)

4.1.2 Kohdekatselmuksen sisältö

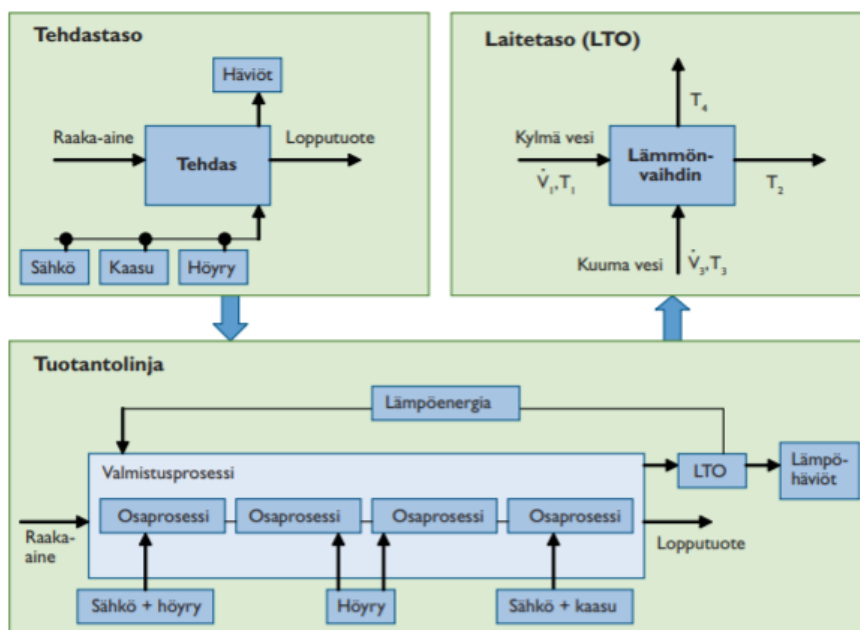
Kohdekatselmus on yksittäiseen energiankäyttökohteeseen, kuten rakennukseen tai teollisuuslaitokseen kohdistuva katselmus. Kohdekatselmus kannattaa tehdä kohteisiin, joissa on suurin energiankulutus, jolloin säästöpotentiaali on suurin. (Energiavirasto 2018, 6.)

Kohdekatselmuksen on katettava 10% yrityksen energiankäytöstä tai 5% sähköä tai lämpöä tuottavien yritysten energiankäytöstä. Kohdekatselmusten määrän voi myös laskea rakennusten tai toimipaikkojen lukumäärän mukaan. Kohdekatselmuksen tulee sisältää kohteen perustiedot, energiankulutus- ja

kustannustiedot, nykytilan kuvauksen ja energiansäästötoimenpiteet. (Energiavirasto 2018, 6-7.) Energiaviraston sivuilla on energiakatselmuksia ja kohdekatselmuksia varten käytettävä esimerkkiraportti (liite 1).

4.2 Energiategokkuuden mittaaminen

Mittaamalla energiategokkuutta voidaan seurata ja analysoida tehtaan energian kulutusta ja verrata sitä muiden yksiköiden, toimintojen ja tehtaiden välillä. Teollisuusprosessit ovat yleensä monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden jakaminen tarkasteltaviin osiin vaatii tarkkaa suunnittelua. On tärkeää rajata prosessi selkeisiin mitattaviin kokonaisuuksiin, kun otetaan energiategokkuuden mittareita käyttöön. Tämä mitattava kokonaisuus voi olla esimerkiksi yksittäinen laite, prosessin osa, koko prosessi, tuotantolinja, tehdas tai koko tehdasalue. Mitattavia tasoja on esitetty kuvassa 3. (Heikkilä ym. 2008, 24.)



Kuva 3. Mitattavia kokonaisuuksia (Heikkilä, Huumo, Siitonen, Seitsalo & Hyttiä 2008)

Mittareiden tarkasteluväli valitaan, kun mitattavat kokonaisuudet on jaettu. Tarkasteluväli voidaan jakaa esimerkiksi tunti-, vuorokausi-, viikko-, kuukausi- tai vuositasolle. Lyhyemmällä tarkasteluvälillä voidaan saada yksityiskohtaisempaa tietoa, mutta tällöin tarkasteluvälillä tapahtuvat muutokset, kuten

lämpötilan vaihtelut, vääristävät saatua tietoa ja vaikeuttavat tarkastelua. On siis tärkeää valita riittävän suuri tarkasteluväli. (Heikkilä ym. 2008, 26.)

Hyvin toteutettu energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä antaa mahdollisuuden reagoida nopeasti muutoksiin ja parantaa prosessin energiatehokkuuden hallinnan mahdollisuuksia.

Energiatehokkuuden arvioiminen tuotantoyksikössä voidaan tehdä laskemalla kulutettu energian määrä suhteessa tuotettuun loppukohteeseen ja verrata saatua tulosta historiatietoihin, referenssiarvoon tai vastaavien tuotantoyksiköiden energiankulutukseen. Kuvassa 4 on esitetty jatkuvan energiatehokkuuden parantamisen sisältö. (Heikkilä ym. 2008, 27.)



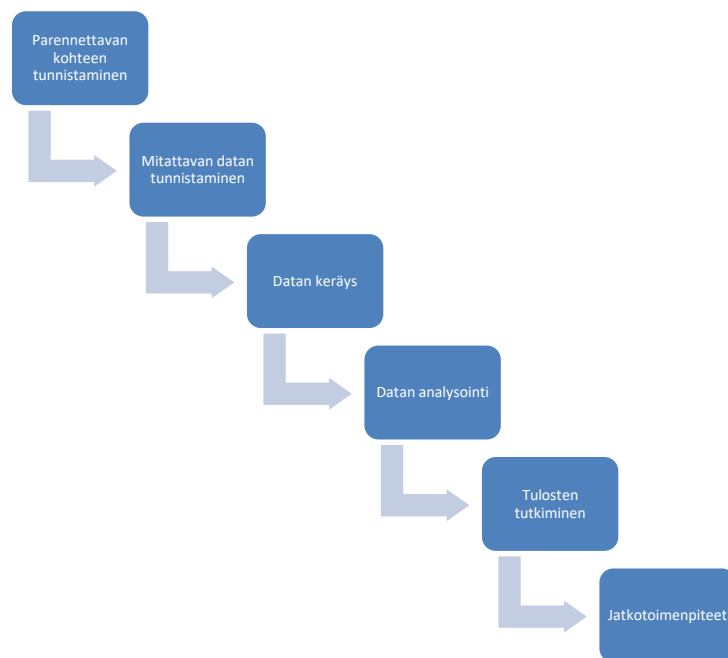
Kuva 4. Jatkuva energiatehokkuuden parantaminen (Heikkilä, Huumo, Siitonen, Seitsalo & Hyytiä 2008)

5 ENERGIAMITTAUS- JA DATA-ANALYYTIKKAJÄRJESTELMÄT

Data-analytiikan avulla saadaan tietoa yrityksen toiminnasta päätöksien tekemiseen, tuottavuuden kasvattamiseen sekä yrityksen asiakaspalvelun ja toiminnan parantamiseen. Suuri haaste datan analysoinnissa on datan suuri määrä, sen käsittely ja esittäminen helposti ymmärrettävässä ja luettavassa muodossa.

5.1 Data-analysoinnin vaiheet

Data-analysointi jaetaan useaan eri vaiheeseen, joista ensimmäinen on parannettavan kohteen tunnistaminen. Jotta data-analysointi voitaisiin aloittaa, täytyy yrityksen tunnistaa ongelma, jota halutaan parantaa. Kun parannettava kohde on tunnistettu, tulee selvittää mitä dataa kohteesta analysoidaan ja miten analysointi toteutetaan. Analyysiä varten kerättävä data tulisi kerätä mahdollisimman monesta lähteestä, jotta analyysi olisi riittävän kattava. Seuraavaksi suoritetaan datan keräys ja käsittely, joka sisältää myös datan suodattamisen. Datan suodattamisella tarkoitetaan kaikkien epätavallisten tapahtumien sekä muuttujien poistaminen datasta, kuten rajojen ylittävät arvot sekä muut tulosta väärentävät tekijät. Kun käyttökelpoinen data on kerätty, suoritetaan datan analysointi. Datan analysointi voidaan suorittaa esimerkiksi graafisilla esityksillä. Viimeiseksi todetaan, onko analyysillä saatu tarvittavat tiedot ongelman ratkaisemiseksi tai selvittämiseksi. Saaduista tiedoista voidaan tehdä johtopäätöksiä ja sopia jatkotoimista. (Geng 2017, 14.) Kuvassa 5 on esitetty data-analysoinnin vaiheet.



Kuva 5. Internet of Things and Data Analytics Handbook mukaiset data-analysoinnin vaiheet.

5.2 Energiajärjestelmien standardit ISO 50001

ISO 50001 Standardi määrittelee energiahallintajärjestelmälle asetetut vaatimukset. Energiahallintajärjestelmille asetetut minimivaatimukset auttavat yritystä jatkuvaan energiatehokkuuden parantamiseen ja systemaattiseen toimintaan energiakulutuksen ja -kustannusten pienentämiseksi. ISO 50001 mukainen energiahallintajärjestelmä luo organisaatiolle mahdollisuudet saavuttaa asettamansa energiapolitiikan tavoitteet, toteuttaa energiatehokkuuden parantamiseen vaaditut toimenpiteet sekä osoittaa toimivansa ISO 50001 standardin vaatimuksien mukaisesti. ISO 50001 standardin tarkoitus on auttaa parantamaan organisaation energiatehokkuutta, energiankäyttöä ja -kulutusta. Standardi on suunniteltu soveltumaan kaikille organisaatioille riippumatta organisaation koosta tai tyypistä. Standardissa ei ole määritelty ehdottomia energiatehokkuusvaatimuksia, jotka ylittäisivät organisaation energiapolitiikan sitoumukset ja yrityksen veloitteen noudattaa lainsäädäntöä tai täyttää muita vaatimuksia. (SFS-EN ISO 50001:2018, 6.)

Organisaation tulee luoda, dokumentoida ja toteuttaa energianhallintajärjestelmä sekä ylläpitää ja parantaa sitä ISO 50001 standardin vaatimusten mukaisesti. Lisäksi yrityksen tulee määrittää ja dokumentoida energianhallintajärjestelmänsä soveltamisala ja rajat sekä päättää tavat, joilla organisaatio täyttää standardin vaatimukset mahdollistaakseen energiatehokkuustason jatkuvan parantamisen. (SFS-EN ISO 50001:2018, 6-8.)

5.2.1 Johdon vastuu

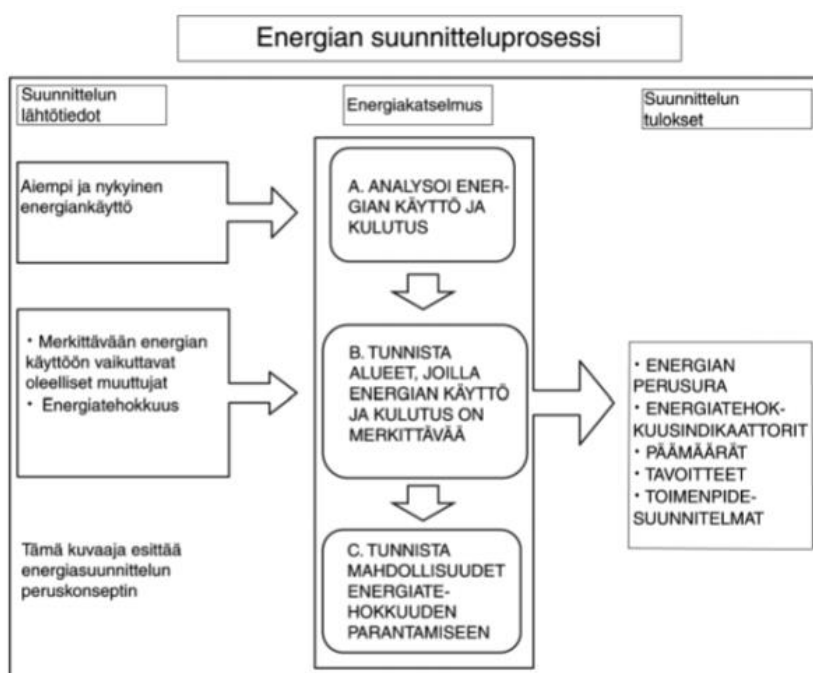
Yrityksen johdon tulee sitoutua tukemaan energianhallintajärjestelmää ja antaa edellytykset ja mahdollisuudet sen jatkuvaan parantamiseen. Johdon tulee luoda yrityksen energiapolitiikka sekä perustaa energiahallintaryhmä, johon nimetään johdon edustaja. Energiahallintaryhmällä tulee olla riittävät taidot, pätevyudet ja resurssit, jotta energianhallintajärjestelmän perustaminen, parantaminen ja ylläpitäminen on mahdollista. Energiahallintaryhmälle tarjottaviin resursseihin kuuluu henkilöstö, taidot, teknologia ja taloudelliset resurssit. (SFS-EN ISO 50001:2018, 16.)

5.2.2 Energiapolitiikka

Energiapolitiikka on yrityksen johdon määrittelemä ja se voi olla osa yrityksen johtamisjärjestelmää. Sen avulla yritys voi varmistua siitä, että energiakysymykset sisällytetään yrityksen politiikkaan, energiapolitiikka sisältää jatkuvan energiatehokkuuden parantamiseen sitoutumisen, yritys noudattaa lakia sekä yrityksen energian tuotantoon ja käyttöön liittyviä sitoumuksia, yrityksen henkilöstö tuntee energiapolitiikan sekä yritys luo perusteet energian käytön seurannalle ja määrittää energiantehokkuustavoitteet. (SFS-EN ISO 50001:2018, 16-17.)

5.2.3 Energian suunnitteluprosessi

Yrityksen tulee luoda ja ylläpitää energian tuotantoa ja käyttöä analysoivaa menettelyä, joilla tuotetaan mittauksiin tai laskelmiin perustuvaa tietoa energiankulutuksesta, tunnistaa yrityksen merkittävimmät energiaa kuluttavat kohdet, määrittellä toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi sekä tunnistaa mahdollisuudet energiatehokkuuden parantamiseen pitkällä aikavälillä. (SFS-EN ISO 50001: 2018, 17-18.) Energian suunnitteluprosessi on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. SFS-EN ISO 50001-standardin mukainen energian suunnitteluprosessi (SFS-EN ISO 50001)

5.2.4 Osaaminen, viestintä ja dokumentointi

Yrityksen tulee laatia ja ylläpitää dokumentoidut päämäärät ja yksityiskohtaiset, mahdollisuuksien mukaan mitattavat ja aikataulutetut tavoitteet energiatehokkuudelle, sekä ylläpitää vuosittain päivitettävää energiatehokkuuden tehostamissuunnitelmaa. Yrityksen ylin johto määrittelee ja dokumentoi energiaasioille vastuuhenkilöt, roolit, tehtävät sekä vastuut ja valtuudet. (SFS-EN ISO 50001:2018, 21-22.)

Yrityksen tulee luoda edellytykset energiatehokkuusjärjestelmän toteuttamiseksi ja ylläpitämiseksi, joten yrityksen tulee varmistua siitä, että henkilöstöllä on riittävä koulutus ja resurssit suorittaa omatyötehtävä energiatehokkaasti (SFS-EN ISO 50001:2018, 20).

Yrityksen tulee määritellä menettelyt ja kriteerit koko järjestelmän elinkaaren ajaksi, joiden mukaan yritys arvioi energiatehokkuuden tasoa sekä käytettävät kriteerit hankittaessa energiaa käyttäviä tuotteita, laitteita ja palveluita, joilla on merkittävä vaikutus yrityksen energiatehokkuuteen. Yrityksen suunnitellessa uusia tai muokatessa olemassa olevia laitteita, järjestelmiä tai prosesseja, joilla yritys voi vaikuttaa energiatehokkuuteen, tulee aina huomioida energiatehokkuuden parantamismahdollisuudet. Energiatehokkuuteen vaikuttavissa hankinnoissa, yrityksen kannattaa selvittää investointien pitkän tähtäimen säästöt. (SFS-EN ISO 50001:2018, 23.)

Yrityksen tulee päättää, miten energiahallintajärjestelmään liittyvät yrityksen ulkoinen ja sisäinen viestintä toteutetaan. Yrityksen tulee suunnitella, mistä asioista, milloin, kenelle ja miten viestitään sekä kuka viestittää. Ennen viestintää yrityksen tulee varmistua tiedon oikeellisuudesta ja luotettavuudesta. Lisäksi yrityksen tulee antaa mahdollisuus kaikille yrityksessä työskenteleville, kommentoida ja antaa kehitysideoita yrityksen energiahallintajärjestelmälle ja energiatehokkuudelle. (SFS-EN ISO 50001:2018, 21.)

5.2.5 Järjestelmän toteuttaminen

Yrityksen tulee varmistaa, että henkilöstöllä on riittävä koulutus, jotta energiatehokkuuteen vaikuttavien toimintojen kanssa työskentelevät ovat riittävän tietoisia energiahallintajärjestelmästä, yrityksen energiapolitiikasta ja energiatehokkuuden tavoitteista. Työntekijälle on kerrottava myös energiatehokkuusjärjestelmän vaatimukset niiltä osin, kun ne liittyvät työntekijän työtehtäviin. (Motiva. 2014, 12.)

5.2.6 Järjestelmän arviointi

Organisaation on varmistettava, että energiatehokkuustason kannalta määrittävien toimintojen ominaisuuksia seurataan, mitataan ja analysoidaan säännöllisesti. Organisaation tulee suorittaa energiakatselmuksia säännöllisin aikaväleihin varmistaakseen, että energianhallintajärjestelmä parantaa energiatehokkuutta sekä noudattaa energianhallinnan sovittuja menetelmiä ja asetettuja energiatavoitteita. Organisaation tulee tehdä katselmuksista tallenteita, joista selviää energiahallintajärjestelmän yhteensopivuus, riittävyys ja tehokkuus. (SFS-EN ISO 50001: 2018, 23.)

Yrityksen tulee ylläpitää tallenteita, joilla voidaan osoittaa energiahallinta järjestelmän vaatimuksenmukaisuus sekä saavutetut energiatehokkuustavoitteet. Tallenteiden tulee olla ja pysyä luettavina, tunnistettavina ja olla jäljitettävissä. (Motiva 2014, 11.)

5.2.7 ISO 50001-standardin yhteenveto

ISO 50001 energiahallintajärjestelmän tarkoitus on ohjata yritystä jatkuvaan systemaattiseen energiatehokkuuden parantamiseen sekä auttaa yritystä rakentamaan ja johtamaan yritystä tehokkaaseen energian käyttöön. Yrityksen tulee luoda yritykselle energiapolitiikka ja varmistaa, että henkilöstö on tietoisia yrityksen energiapolitiikasta. ISO 50001 mukaisen energianhallintajärjestelmän avulla yritys ottaa energia-asiat huomioon tehdessään investointeja, hankintoja ja päätöksiä. Lisäksi yrityksen tulee varmistua siitä, että henkilöstöllä on riittävä koulutus, osaaminen ja resurssit suorittamaan työtehtävät energiatehokkaasti. Järjestelmä tulisi olla yhteensopiva yrityksen tuotannon- ja toiminnanohjausjärjestelmien kanssa. (SFS-EN ISO 50001: 2018.)

5.2.8 ISO 50001-standardin mukainen energianmittausjärjestelmä

ISO 50001-standardin mukaisella energianmittausjärjestelmällä tulee pystyä mittaamaan yrityksen energiankulutusta kohdekohtaisesti ja energialajeittain,

jotta yritys pystyy havaitsemaan eniten energiaa kuluttavat laitteet ja prosessit. Järjestelmällä täytyy pystyä mittaamaan ja seuraamaan energiatehokkuutta energiatehokkuuden tason osoittavalla mittarilla. Tämä mittari voi olla yksinkertaisimmillaan energiankulutuksen ja tuotettujen tuotteiden suhdearvo. Energiankulutuksen voi laskea suhteessa esimerkiksi aikaan. Yrityksen tulee määrittää itselleen paras käytettävä suhdearvo energiatehokkuuden tason arvioimiseksi. Järjestelmän avulla tulee pystyä seuraamaan energiatehokkuutta parantavien ratkaisujen vaikutus energiatehokkuustavoitteiden saavuttamiseen. Järjestelmällä tulee myös pystyä vertaamaan arvioitua ja todellista energiankulutusta. (SFS-EN ISO 50001: 2018.)

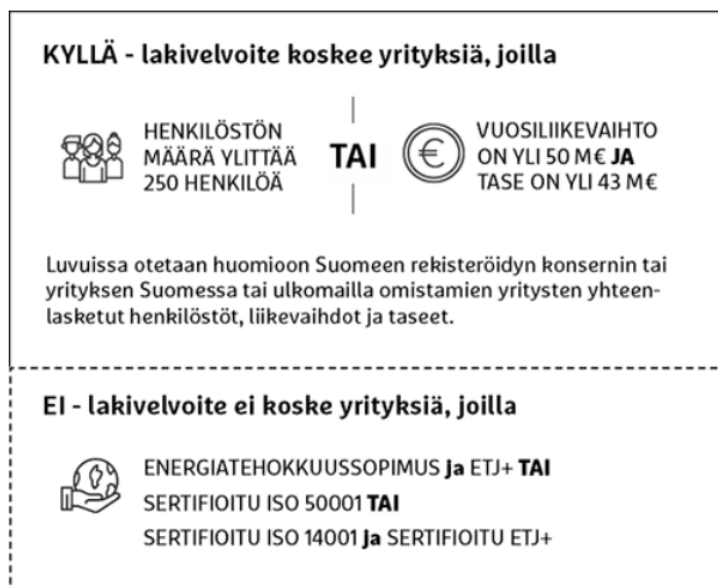
5.3 Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+

Yritys voi halutessaan ottaa ISO 50001 standardin mukaisen järjestelmän sijasta käyttöön ETJ+ energiatehokkuusjärjestelmän. ETJ+ sisältää ISO 50001 standardin mukaisen energiakatselmusosion ja se on vastaavasti tarkoitettu jatkuvaan systemaattiseen energiatehokkuuden parantamiseen, seuraamiseen, johtamiseen sekä energiankulutuksen ja kustannusten pienentämiseen. Järjestelmän avulla yritys luo jatkuvan prosessin, jonka avulla yritys pyrkii saavuttamaan energiatehokkuustavoitteet sekä pienentämään energiankulutusta ja kustannuksia. (Motivan www-sivut 2019.)

Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+ on osa yrityksen johtamisjärjestelmää, joka sisältää energia-asioita koskevan organisaatorakenteen, suunnittelun, vastuut, toimintatavat ja prosessit. Yrityksen tulee varmistua siitä, että käytössä on riittävät resurssit kehittää, ottaa käyttöön, saavuttaa tavoitteet, tarkastaa ja ylläpitää yrityksen ympäristöpolitiikkaa energia-asioiden osalta. (Motiva 2014, 7.)

Ottamalla käyttöön energiatehokkuusjärjestelmän ja sertifioidulla ISO 14001-järjestelmällä tai olemalla mukana energiatehokkuussopimusjärjestelmässä, yritys täyttää energiatehokkuuslain (1429/2014) 6§ vaatimukset pakollisesta

suurten yritysten energiakatselmuksesta (Motiva 2014, 4). Kuvassa 7 on esitetty vaihtoehdot lain velvoitteiden täyttymiseksi.



Kuva 7. Lain velvoitteiden täyttymisen vaihtoehdot (Energiavirasto)

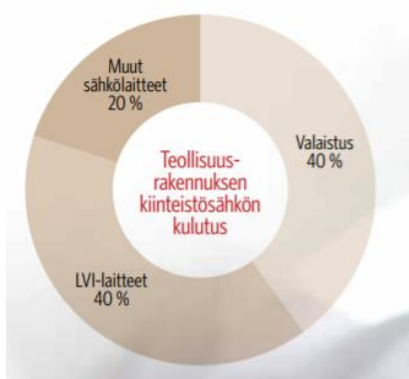
5.4 Energiahallintajärjestelmän sertifiointi

Kun energiahallintajärjestelmä on otettu käyttöön ja se on suunniteltu ja dokumentoitu, voidaan aloittaa järjestelmän sertifiointi. Sertifiointin suorittaa akkreditoitu sertifiointi, jolla on riittävä pätevyys energiahallintajärjestelmän sertifiointin suorittamiseen. (Enerkey.)

Sertifiointinissa arvioidaan järjestelmää sen dokumentoinnin ja energiahallinnasta vastaavan organisaation avulla. ETJ+ järjestelmän arviointi on yksivaiheinen, mutta ISO 50001 järjestelmän arviointi suoritetaan kahdessa vaiheessa. Sertifiointi voi vaatia tai pyytää arvioinnin yhteydessä parantamaan tai tarkentamaan järjestelmän puutteellisia osa-alueita. Järjestelmä saa hyväksytyt arvioinnin jälkeen sertifikaatin, jonka voimassaoloaika on kolme vuotta. Tämän aikana on tehtävä kaksi seuranta-arviointia ja voimassaoloajan jälkeen suoritetaan järjestelmän uudelleenarviointi. (Enerkey.)

6 TEOLLISUUDEN ENERGIATEHOKKUUS

Teollisuusprosessit, kuten moottorikäytöt ja paineilmajärjestelmät kuluttavat suuren osan teollisuusrakennuksen sähköstä, mutta silti tulee huomioida myös kiinteistön muiden järjestelmien, kuten ilmanvaihdon, valaistuksen ja lämmityksen, osuus teollisuusrakennuksen energiankulutuksessa. Tässä luvussa kerrotaan enemmän moottorikäytöistä ja paineilmajärjestelmistä, sillä opinnäytetyö on rajattu sähkөөn ja näissä järjestelmissä on enemmän sähkötekniisiä ratkaisuja energiatehokkuuden parantamiseksi. Energiatehokasta järjestelmää suunniteltaessa tulee huomioida työolosuhteisiin liittyvät vaatimukset, kuten ilmanpuhtauden laatu ja lämpötilaa koskevat määräykset ja suositukset. Kuvassa 8 on esimerkki teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutuksen jakautumisesta.



Kuva 8. Teollisuusrakennuksen sähkökulutuksen jakautuminen (Mattila, V. & Motiva Oy. 2012)

6.1 Sähkömoottorit

Sähkömoottorit kuluttavat teollisuudessa eniten sähköä. Sähkömoottoreissa kuluu keskimäärin 60-70% Suomen teollisuuden käyttämästä sähköstä. Sähkömoottoreiden kulutusta voidaan pienentää energiatehokkaammilla moottoreilla, taajuusmuuttajilla tai optimoimalla moottoreiden käyttöä. Moottorin energiatehokkuuteen vaikuttaa moottorin kuormitus, tehokkuus, mitoitus, käyttö, sähköverkon laatu ja kunnossapito. Kuvassa 9 on esitetty moottorien hyötysuhdeluokat. (Federley 2009, 2.)

MOOTTORIEN IE-HYÖTYSUHDELUOKAT	
Super premium efficiency	IE4 *
Premium efficiency	IE3
High efficiency	IE2
Standard efficiency	IE1

Kansainvälisen sähköalan standardijärjestön energiatehokkuusluokitus sähkömoottoreille.

* Neljäs luokka (IE4) on varattu markkinoille tuleville, nykyisiä malleja energiatehokkaammille moottoreille.

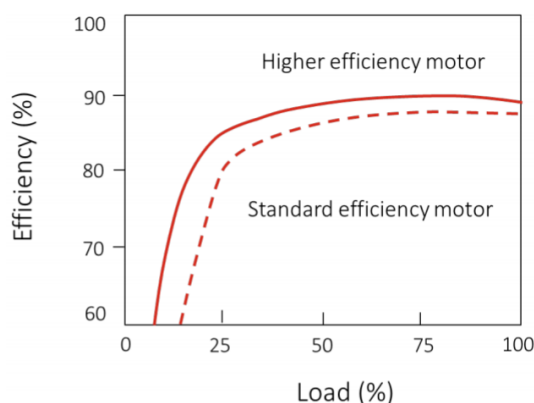
Kuva 9. Moottorien hyötysuhdeluokat (Federley. 2009)

6.1.1 Mitoitus

Tarkastelemalla moottorikäyttöisen järjestelmän prosessia ja laskemalla prosessin alin mahdollinen energiantarve, voidaan siihen mitoittaa energiatehokkaat moottorikäyttöiset laitteet. Prosessin alimman mahdollisen energiantarpeen laskeminen vaatii perehtymistä prosessin toimintaan.

Teollisuuden sähkömoottorit ovat usein ylimitoitettuja käyttökohteeseensa nähden. Sähkömoottorin paras hyötysuhde saavutetaan kuvan 10 mukaisesti noin 50-100% kuormituksella, ja alle 40% kuormalla useimpien sähkömoottoreiden hyötysuhde on hyvin alhainen. (Federley 2009, 8.)

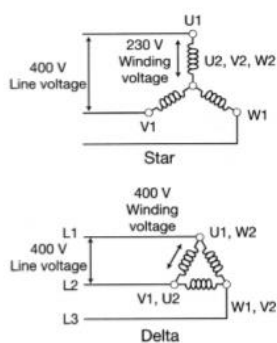
Euroopan unionissa tehdyissä kenttätesteissä ilmeni, että keskimäärin moottorit kävivät 60 % teholla nimelliskuormituksesta (Heikkilä ym. 2008, 60).



Kuva 10. Hyötysuhteen ja kuormituksen välinen riippuvuus (Federley. 2009)

6.1.2 Moottorin käynnistäminen

Induktiomoottorin käynnistäminen vie jopa 6-7-kertaisen virran normaaliin moottorin käyntiin verrattuna. Käynnistysvirtaa voidaan pienentää tähtikytkentäisellä moottorilla, jolloin moottorin resistanssi on suurempi ja samalla virran tarve pienenee. Induktiomoottoreissa käytetään yleensä tästä syystä tähtikolmiokytkintä, jonka avulla moottori voidaan vaihtaa tähti- ja kolmiokytkennän välillä. Kun moottori on saavuttanut täyden käyntinopeuden, käytetään moottoria kolmiokytkennällä, jolloin se toimii pienemmällä virralla. Tähti- ja kolmiokytkentä on esitetty kuvassa 11. (Federley 2009, 10.)



Kuva 11. Tähti- ja kolmiokytkentä (Federley. 2009)

6.1.3 Taajuusmuuttajan käyttö

Taajuusmuuttajilla voidaan toteuttaa sähkömoottorin nopeudensäätö, jolloin moottorin nopeutta voidaan säätää kuorman mukaisesti. Taajuusmuuttajalla voidaan muuttaa oikosulkumoottoreiden taajuutta sekä jännitettä. Taajuusmuuttajakäyttö on hyödyllinen tilanteissa, jossa kuorma vaihtelee jatkuvasti. Nopeussäätöisiä käyttöjä ei välttämättä kannata käyttää, jos kuormassa ei ole vaihteluita. Tällaisessa tilanteessa voi olla parempi kytkeä moottori suoraan verkkoon, sillä energiankulutus voi kasvaa nopeussäätöisissä käytöissä, koska 3-4 % syötetystä sähköstä menetetään muun muassa taajuusmuuttajan ja moottorin häviöihin. (Heikkilä ym. 2008, 60).

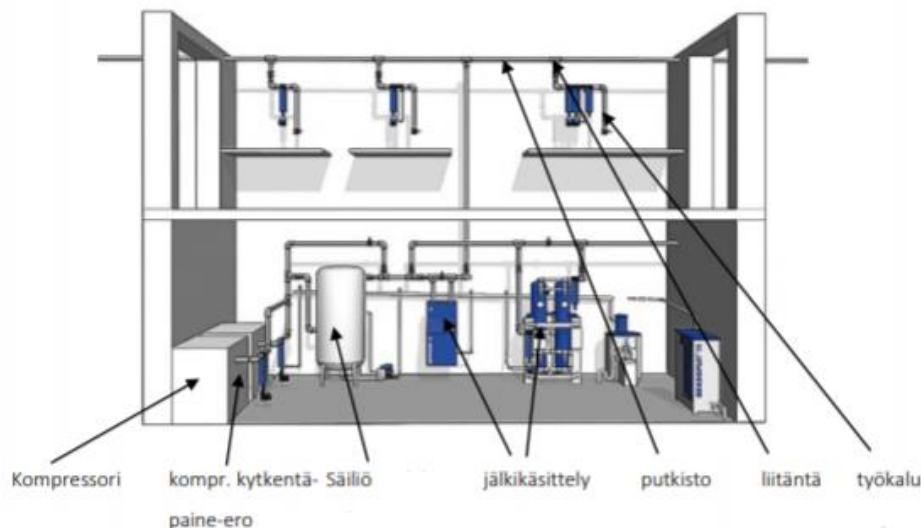
6.1.4 EC-moottorit

EC-moottorit (Electronically commutated) eli elektronisesti kommutoitu moottori, jonka kommutointi on toteutettu elektronisella ohjauksella. Kommutoinnilla tarkoitetaan virran siirtymistä kytkimeltä toiselle (Killian 2017). Moottori tunnetaan myös nimellä hiiliharjaton tasavirtamoottori. EC-moottoreiden pyörimisnopeutta voidaan säätää elektronisella ohjauksella, joten EC-moottoreita käyttämällä voidaan säästää energiaa samalla tavalla kuin käyttämällä taajuusmuuttajaa.

6.2 Paineilmajärjestelmät

Vuonna 2000 tehdyn eurooppalaisen SAVE-projektin ja Motivan vuonna 2004 valmistuneen Paineilmaa tehokkaasti –projektin (PATE) tuloksista ilmeni, että paineilmajärjestelmien laitteistoissa, käytössä ja huollossa on huomattava energiansäästöpotentialiaali (Heikkilä ym. 2008, 63). Tehtyjen PATE-analysien perusteella teollisuudesta löytyy 20-50 prosentin tehostamispotentialiaali paineilman sähkön käytössä (Motivan www-sivut 2017a).

Paineilmajärjestelmä koostuu paineilman tuotannosta, varastoinnista, käsittelystä ja jakelusta. Kuvassa 12 on esitetty esimerkki paineilmajärjestelmästä. Paineilmajärjestelmään luodaan kompressorilla noin 6-8 barin paine, joka ohjataan eteenpäin säiliöön. Säiliöllä mahdollistetaan kompressorin joustava käyttö tasaamalla järjestelmässä tapahtuvaa kulutusta. Säiliöstä paineilma ohjataan putkiston avulla käyttökohteeseen, joka voi olla mikä tahansa paineilmaa käyttävä laite, esimerkiksi paineilmaporakone.



Kuva 12. Paineilmajärjestelmä (Motiva 2017)

6.2.1 Paineilmajärjestelmän käyttöpaine

Paineilmajärjestelmän käyttöpaine on usein ylimitoitettu käyttövarmuuden takia, jolloin käyttöpaine on ylisuuri ja kompressorin tehontarve nousee sekä käyttökohteessa paineilman kulutus kasvaa. Paineenlaskupotentiaali on yleensä noin 0,1-2,0 baria ja 1 barin paineenlasku säästää sähköä arviolta noin 6-8% paineilmajärjestelmän paineen tuotannosta. (Motiva 2017, 6.)

6.2.2 Paineilman energiatehokkuuden seuranta

Paineilman kulutusta seurattaessa voidaan hyödyntää kompressorin käyttämää energiaa (kWh) sekä tuotettua paineilmaa (m^3/min) ja tehtaan tuotantoa. Seuranta tulee tehdä viikoittain ja vähintään vuoden ajan, jotta saadaan riittävästi dataa referenssivuoden tuotanto- ja kulutusarvoista. Seurannan aikana tulisi seurata käyttöpaineentaso, sillä paineen muuttuessa se vaikuttaa myöskin muihin arvoihin ja voi vääristää lopullista tulosta. Seurannan päätyttyä voidaan verrata ja todentaa paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden taso, jonka perusteella suoritetaan tarvittavat korjaustoimet. (Motiva 2017, 13.)

Ennen seurannan aloittamista ja sen aikana, tulee korjata paineilmajärjestelmän vuodot, jotta referenssiarvoja seuraamalla nähdään, kun järjestelmä

vuotaa uudelleen. Vuotojen tavoitetaso on 0%, mutta realistisesti alle 10% on riittävän hyvä tulos (Motiva 2017, 7). Kuvassa 13 on esitetty vuotoreiän suuruuden vaikutus vuodonmäärään.

Vuotoreiän halkaisija mm	Vuotomäärä 8 bar l/min	Kustannukset euroa/vuosi
1 ●	75	290
1,5 ●	150	580
2 ●	260	1 000
3 ●	600	2 320
4 ●	1 100	4 260
5 ●	1 700	6 580

Kuva 13. Vuotoreiän suuruuden vaikutus vuotomäärään (Motivan www-sivut 2017a)

6.3 Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät

Neljäsosa Suomen lämpöenergiankulutuksesta kuluu teollisuuskiinteistöjen lämmitykseen. Lämmitykseen kuluvan energian osuus voi olla jopa 70% joillakin teollisuuden aloilla. Tästä syystä teollisuusrakennusten energiatehokkuuteen ja sen parantamiseen kannattaa kiinnittää huomiota. (Mattila & Motiva Oy 2012, 3.)

Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät muodostuvat lämmitys- ja jäähdytyslaitteista, pumpuista, tuulettimista, putkistoverkostoista, jäähdyttäjistä ja lämmönvaihtimista. Näissä järjestelmissä lämmön talteenotto ja vastaanottaminen ympäristöstä tai prosessista on tärkeää energiatehokkuuden ja kulutuksen kannalta. Ilmanvaihtojärjestelmien on arvioitu kuluttavan noin 10 % yrityksiensä sähkönkulutuksesta. (Heikkilä ym. 2008, 68.)

6.3.1 Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmien energiansäästö

Lämmitystä tai jäähdytystä ohjaamalla vastaamaan todellista tarvetta ja rajoittamalla ilmastointia miehittämättömissä tiloissa, voidaan saavuttaa ilmastoinnissa jopa 40 % energiansäästö. Todellinen säästö riippuu kuitenkin siitä, kuinka iso osa laitoksen tiloista on miehittämättömiä. (Heikkilä ym. 2008, 69.)

Jäähdytyksen ja lämmityksen energiankulutukseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi tilojen eristyksillä, tarpeen mukaisella lämmityksellä, lämmityksen ja jäähdytyksen asetusarvoa muuttamalla, hyödyntämällä lämmöntalteenottoa ja lämpöpumpuilla (Heikkilä ym. 2008, 69). Haettaessa energiasäästöjä lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmistä, tulee huomioida työolosuhteita koskevat vaatimukset, kuten riittävä ilmanlaatu ja lämpötila.

6.3.2 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenotolla voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä hyödyntämällä hukka- ja ylijäämälämpöä. Jos talteen otettavalle lämmölle löytyy taloudellisesti kannattavaa jatkokäyttöä, voidaan kyseiseen kohteeseen mitoitaa kustannustehokas ratkaisu. Suunniteltaessa lämmöntalteenottoa, kannattaa siihen liittyvät prosessit optimoida ensin ja vasta sitten arvioida talteen otettavan lämmön määrä ja sen jatkohyödyntämispotentiaali. (Heikkilä ym. 2008, 52-53.)

6.4 Valaistus

Valaistus on merkittävä osa teollisuuden energian käyttöä ja se kuluttaa noin 40% teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutuksesta. Siihen pystytään tehokkaasti vaikuttamaan eri toteutustavoilla (Mattila & Motiva Oy. 2012, 16).

Rakennuksessa käytettävän valaistuksen energiankulutukseen voidaan vaikuttaa monin eri keinoin. Rakennus voidaan jakaa alueisiin sen mukaan,

kuinka paljon valoa alueella tarvitaan. Työpisteillä voidaan esimerkiksi käyttää enemmän valoa, kun taas käytävän valaistuksen ei tarvitse olla yhtä valoisa. Lisäksi valaistuksessa voidaan ottaa huomioon alueelle tuleva luonnonvalo, joka vähentää valaistuksen tarvetta. Nykyään on olemassa järjestelmiä, jotka voivat ohjata valaistusta valoisuusantureilla sekä läsnäolotunnistimilla. Tämänlaisella järjestelmällä voidaan vähentää turhaa valaistusta.

Ottamalla käyttöön valaistuksen energiatehokkaan ohjauksen sekä käyttämällä energiatehokkaampia valaisimia, voidaan saada jopa 50-80% säästö valaistuksesta. (Valaistustiedon www-sivut 2018).

6.5 Kiinteistöautomaatio

Kiinteistöautomaatiota käyttämällä voidaan lisätä kiinteistörakennuksen älykästä ja tarpeenmukaista ohjaamista sekä vähentää energiankulutusta. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän tarkoitus on ohjata, säätää ja valvoa kiinteistön taloteknisiä järjestelmiä asetettujen arvojen ja mittauksen mukaisesti reaaliajassa.

Parantaessa kiinteistöautomaatiota kannattaa kiinnittää huomiota ilmanvaihtokoneiden ja valaistuksen ohjattavuuteen sekä säätöjen toimivuuteen. Järjestelmän ohjausarvot ja säädöt tulee valita siten, että talotekniset järjestelmät tukevat tarpeenmukaisesti ja energiatehokkaasti tilojen käyttöä, toimintoja ja vaatimuksia. Kiinteistöautomaation käyttäjät tulee perehdyttää kiinteistöautomaation sekä sen käyttöliittymän toimintaan, jotta käyttäjät saavat järjestelmästä parhaan mahdollisen hyödyn ja voivat helposti puuttua olosuhteiden muutoksiin ja poikkeamiin.

6.6 Energiatehokkuustoimenpiteiden energiansäästöpotentiaali

Energiatehokkuussopimusraporttien perusteella on kerätty tuloksia saavutetusta energiansäästöstä ja tehdyt toimenpiteet on listattu energiatehokkuussopimukset-verkkosivuille. Energiatehokkuussopimukset-verkkosivuille kerätyt

energiatohokkuustoimenpiteet liittyvät esimerkiksi energiatohokkaampien komponenttien käyttämiseen, automaatio-ohjauksen optimointiin ja lisäämiseen, taajuusmuuttajakäyttöihin moottorihjauksissa, lämpötilan pudottamiseen sekä rakennusteknisiin muutoksiin. Energiatohokkuuteen vaikuttavia toimenpiteitä löytyy siis runsaasti ja kohteesta riippuen säästöpotentiaali voi olla kymmeniä prosentteja kohteen energiankulutuksesta. Kuvassa 14 on esitetty teknologiateollisuudessa toteutettujen energiatohokkuustoimenpiteiden lukumäärä ja niistä saadut energiasäästöt. (Energiatohokkuussopimukset.)

Prosessi	Toimenpit. lkm	Sähkön säästö	Osuus sähkön säästöistä	Lämmön+pa säästö	Osuus lämmön+pa säästöistä
	kpl	MWh/a	%	MWh/a	%
Tuotantolaitteet ja prosessi	31	3 352	4 %	5 571	4 %
Käyttöhyödykejärjestelmät					
Paineilma	114	11 232	13 %	1 669	1 %
Pumppaus	11	654	1 %	0	0 %
Vesikierrat	7	479	1 %	100	0,1 %
Puhaltimet	6	1 766	2 %	0	0 %
Kylmäjärjestelmät / jäähdytys	15	1 314	2 %	35	0 %
Lämmöntalteenotto	96	1 945	2 %	47 498	35 %
Talotekniikka					
Lämmitys	168	1 743	2 %	16 759	12 %
Valaistus	231	20 639	25 %	55	0 %
Ilmanvaihto	301	16 739	20 %	36 119	27 %
Käyttövesi	17	0	0 %	343	0,3 %
Jäähdytys	14	2 169	3 %	145	0,1 %
Uunit	19	1 635	2 %	3 641	3 %
Eristykset ja rakenteet	70	1 293	2 %	4 432	3 %
Automaatio- ja rakennusjärjestelmät	30	1 516	2 %	6 880	5 %
Moottorit	10	3 919	5 %	3	0 %
Muut/ei pystytä luokittelemaan	101	13 255	16 %	11 287	8 %

Kuva 14. Energiatohokkuustoimenpiteiden energiasäästö (Energiatohokkuussopimukset)

7 NYKYISET JÄRJESTELMÄT

Järjestelmillä on useita valmistajia ja niille löytyy erilaisia teknisiä ratkaisuja, käyttötarkoituksia ja käyttökohteita. Järjestelmien toimittajat tarjoavat myös muita palveluita energianmittausjärjestelmän käyttöönoton yhteydessä, kuten esimerkiksi avustusta ISO 50001 sertifikaatin hankkimiseen.

Järjestelmät muodostuvat yleensä kenttätasosta, automaatiojärjestelmätasosta sekä hallinnollisesta tasosta. Kenttätaso muodostuu laitteista kuten antureista, mittareista ja toimilaitteista. Automaatiojärjestelmätasolla on toimilaitteiden ohjauksia kontrolloivat logiikkayksiköt. Automaatiojärjestelmätason ja kenttätason välinen tiedonsiirto tehdään yleensä kenttäväylän avulla, kuten Modbus-kenttäväylällä. Hallinnollisella tasolla on valvomolaitteet, kuten esimerkiksi tietokone. Hallinnollisen tason ja automaatiojärjestelmätason välinen tiedonsiirto toteutetaan yleensä ethernet-verkossa. Hallinnolliselta tasolta voidaan lisäksi muodostaa yhteys internettiin, jonka avulla käyttäjänäkymä saadaan toteutettua esimerkiksi verkkoselaimessa tai pilvipalveluna. (Edu.fi:n [www-sivut](http://www.sivut).)

Kenttätasolla olevien anturien avulla voidaan kerätä dataa esimerkiksi siitä, kuinka paljon kappaleita linjastolla käsitellään. Samalla mitataan linjaston energiankulutusta ja kerätty data siirretään automaatiojärjestelmätasolle. Näiden tietojen avulla voidaan muodostaa linjaston energiatehokkuusmittari ja pyrkiä parantamaan sitä esimerkiksi energiatehokkaammilla moottoreilla tai älykkäällä ohjauksella.

7.1 ABB CpmPlus Energy Manager

CpmPlus Energy Manager on ABB:n energiahallintajärjestelmä-ohjelmisto, joka on suunniteltu teollisuusyritysten energiankäytön hallintaan, valvontaan ja optimointiin. Järjestelmä soveltuu käytettäväksi prosessiteollisuuteen, kuten metalli-, kemikaali-, paperi-, ja sähköteollisuuteen. Järjestelmä sisältää valvonta- ja ennustetyökaluja sekä energiankulutuksen ja hankinnan optimointia.

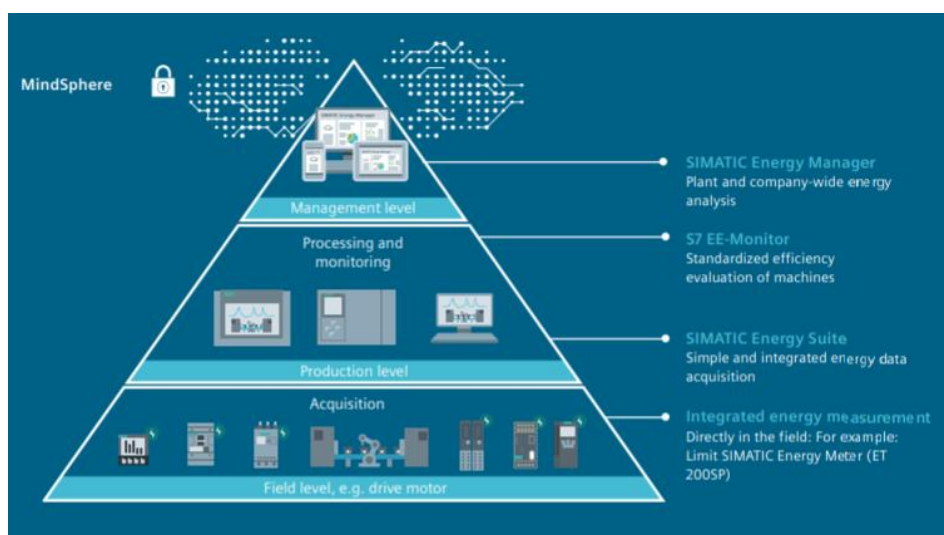
Sovellus tallentaa tilastollisia suureita, kuten keski-, minimi- ja maksimiarvoja tietokantaan, josta se hakee tarvitsemansa historiatiedot. (Karjalainen. 2013.)

CpmPlus Energy Manager sisältää myös raportointi- ja analysointityökalut prosessien ja laitteiden energiankulutuksen seurantaan ja parannuskohteiden paikantamiseen (ABB 2010.)

7.2 SIMATIC Energy Management

SIMATIC Energy Management-ohjelmisto on ISO 50001 sertifioitu järjestelmä, joka on tehty Siemens TIA Portal rakenteeseen. Järjestelmän avulla saadaan tietoa laitteiden energiankulutuksesta ja sen avulla saadaan myös tarkempi tehokkuusanalyysi laitteen tai koko prosessin tilasta. (Siemens. 2018, 7.)

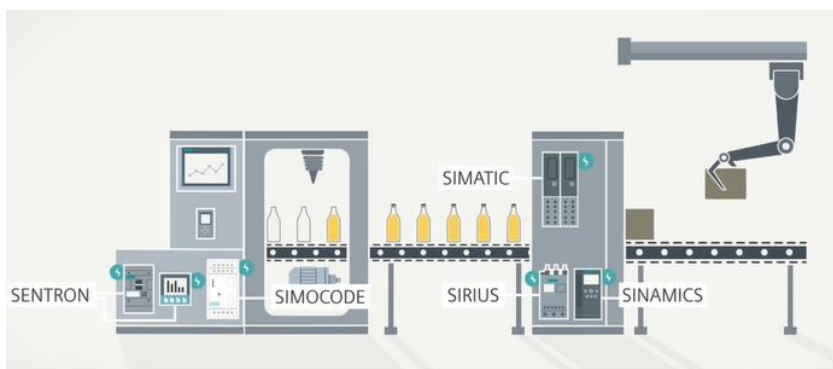
Järjestelmä muodostuu kuvan 15 mukaisesti kenttätasosta, tuotantotasosta ja hallintatasosta. Kenttätaso muodostuu toimilaitteiden mittauksesta, tuotantotasolla suoritetaan datan keräys ja hallintatasolla on energia-analyysi sekä hallintatoiminnot SIMATIC Energy Manager ohjelmiston kautta. (Siemens. 2018, 10.)



Kuva 15. SIMATIC Energy Management-ohjelmiston tasot (Siemens 2018)

Järjestelmän avulla saadaan tietoa energiankulutuksesta ja tuotannon datasta, jonka avulla voidaan laskea tuottavuus energiakulutuksen mukaan. Tämän avulla käyttäjä näkee, kuinka paljon energiaa kuluu yhden tuotteen valmistamiseen, mitä linjastoa voidaan käyttää tehokkaimmin kyseisen tuotteen valmistamiseen ja minkä takia kaksi vastaavaa linjastoa kuluttaa eri määrän energiaa. (Siemens. 2018, 15.)

Järjestelmään pystyy liittämään kuvan 16 mukaisesti prosesseissa käytettäviä automaatiojärjestelmiä, antureita ja mittareita, joiden avulla prosessista kerätään mittausdata ja tieto laitteiden toimivuudesta (Siemens. 2018, 9-12).



Kuva 16. SIMATIC Manager järjestelmä (Siemens 2018)

7.3 Enerkey

Enerkey on ISO 50001 -sertifioitu energiatiedon ja energiaprosessien hallinnan tietojärjestelmä. Enerkey-järjestelmän avulla voidaan asettaa kohde- ja energialajikohtaisia tavoitteita, joita järjestelmä seuraa kohdekohtaisesti sekä valvoo, onko energiankulutus pysynyt tavoitteessa. Järjestelmällä voi myös selata ja verrata kulutuksen historiatietoja ja hallinnoida energiatehokkuustoimenpiteitä. Järjestelmällä voi ISO 50001 vaatimusten mukaan kuka tahansa käyttäjä antaa energiatehokkuuteen liittyviä kehitysideoita ja toimenpiteitä, joiden vaikutusta energiankulutukseen pystytään seuraamaan. Järjestelmän avulla voidaan tehdä energiatehokkuussopimuksen mukainen raportointi suoraan järjestelmästä ja se antaa hälytyksiä automaattisesti poikkeavasta kulutuksesta. Enerkeyn käyttämä ohjelmointirajapinta Restful Data API antaa mahdollisuuden seurata kulutustietoja kuukausi-, vuorokausi- tai tuntitasolla. (Enerkey.)

8 TEOLLISUUDEN TARPEET

Teollisuuden tarpeiden kartoittamiseksi opinnäytetyössä haastateltiin erikoisten teollisuusyritysten edustajia ja selvitettiin yrityksen energiamittaustarpeita, energiatehokkuuden tasoa sekä perehdyttiin yrityksen toimintaan ja tehtaan prosessiin. Haastattelun perusteella pyrittiin selvittämään teollisuusyrityksien tarpeita ja vaatimuksia energiamittausjärjestelmälle sekä havaitsemaan tehtaan energiankulutuksen mittaamisen haasteet ja mahdolliset ongelmakohdat.

Haastattelut tehtiin sähköpostilla, koska tällä tavalla haastateltava pystyi vastaamaan kysymyksiin kattavasti, sillä haastateltava voi vastata kysymyksiin omalla tahdillaan ja tarvittaessa hakea kysymykseen vastaamiseen lisää tietoa. Haastattelussa esitettiin liitteen 2 mukaiset kysymykset. Kysymysten avulla oli tarkoitus saada käsitys yrityksen toiminnasta, energiatehokkuuden tasosta, sähkönkulutuksesta, mitattavista kohteista, mittauksen riittävydestä sekä mittausjärjestelmän tarpeista, ominaisuuksista, toiminnoista ja vaatimuksista.

Tavoitteena oli haastatella erikokoisia teollisuusyrityksiä, jotta saataisiin tietoa suurten, keskikokoisten sekä pienten sähkönkuluttajien energiamittaustarpeista ja energiatehokkuudesta.

8.1 UTU Oy haastattelu

UTU Oy valittiin haastateltavaksi kohteeksi, sillä yritys on pieni sähkönkuluttaja ja samalla kartoitettiin UTU Oy:n kaltaisten pienten yritysten tarvetta energiatehokkuusjärjestelmälle.

UTU Oy valmistaa ja myy sähkökeskuksia ja kojeistoja sekä toimii sähkötekniikan komponenttien, johtokanava- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmien maahantuojana.

UTU Oy:n sähkönkulutus muodostuu valaistuksesta, paineilmajärjestelmästä, ilmanvaihdosta, lämmitystolpista, tehtaalla käytettävistä koneista ja laitteista sekä toimistotiloissa käytettävistä laitteista. Tehtaanjohtaja Tapani Juuselan mukaan sähkönkulutus muodostuu kuitenkin pääosin tehdashallin valaistuksesta ja paineilmajärjestelmästä. UTU Oy:n toimistotilat on uusittu 2019 helmikuussa valmistuneessa remontissa, jossa koko toimistotilan valaistus ja ilmanvaihtojärjestelmät on tehty uusiksi. Valaistuksessa hyödynnetään älykästä ohjausta, joka säättää valaistusta läsnäolon sekä ulkoa tulevan valon mukaan. (Juusela henkilökohtainen tiedonanto 30.7.2019.)

Tapani Juusela arvioi, että tehtaan sähkönkulutukset kannattaisi jakaa seuraavanlaisiin mittausalueisiin: tehtaanvalaistus, toimistonvalaistus, ulkovalaistus, paineilma ja ilmanvaihto. Tapani Juusela arvioi tehtaan energiatehokkuutta tyydyttäväksi, sillä juuri tehty toimiston remontti, paineilmajärjestelmän kompressorin vaihto sekä UTU Oy:n Ulvilan tehtaan katolla oleva aurinkosähköjärjestelmä nostavat energiatehokkuuden tasoa. (Juusela henkilökohtainen tiedonanto 30.7.2019.)

8.2 Trelleborg haastattelu

Trelleborg valittiin haastateltavaksi kohteeksi, sillä yrityksellä on UTU Oy:n toimittama energianmittausjärjestelmä, jonka avulla yritys pyrkii seuraamaan energiankulutustaan.

Trelleborg on elastisten komponenttien ja tiivisteiden sekä erilaisten kaapeliläpivientiratkaisujen valmistaja. Yritys työllistää noin 50 henkilöä Sastamalassa. Yrityksen liikevaihto on alle 50 miljoonaa euroa, joten pakolliset energiakatselmuksset eivät koske yritystä, mutta yrityksellä on oma Energy Exelence-ohjelma. Yritys tekee energiakatselmuksia vastaavan arvion kaksi kertaa vuodessa. Yrityksen sähkönkulutus muodostuu ruiskuvaluprosessista sekä kiinteistöjärjestelmistä. (Aurasto henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

Yritys on jo hakenut energiasäästöjä muuttamalla valaistuksen LED-valaistukseksi sekä käyttämällä servojärjestelmiä uusimmissa koneissaan ja käyttämällä lämmöntalteenottoa kompressorien hukkalämmöstä. Energiankulutuksen mittaaminen on jaettu koneittain ja valaistuksen mittaaminen on toteutettu osastoittain sekä rakennukset ovat mitattavissa erikseen. (Aurasto henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

Järjestelmässä on yhteensä 36 verkkoanalysointia, jotka mittaavat tehdasprosessin eri vaiheiden ja koneiden energiankulutusta. Orko Aurasto Trelleborgilta arvioi mittausten määrää riittäväksi, sillä se kattaa kaikki prosessin laitteet. Mittareilta saatavaa mittausdataa seurataan päivittäin ja mittarit keräävät tietoa viiden minuutin välein. Mittausdataa analysoidaan viimeisen 24 tunnin tapahtumat ja selvitetään koneiden käyntiaste sekä mahdolliset seisokit ja niiden syyt. (Aurasto henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

Järjestelmällä on tarkoitus pystyä seuraamaan koneiden käyttöastetta sekä energiankulutusta suhteutettuna tuotettuihin kappaleisiin tuntitasolla. Trelleborg haluaa myös kerätä dataa koneiden mahdollisesta tyhjäkäynnistä ja saada järjestelmän avulla automaattinen hälytys turhasta energiankulutuksesta. Tulevaisuudessa, kun mittausdataa on riittävästi järjestelmän historia-tiedoissa, Trelleborg haluaa lisätä järjestelmään ennusteen valmistuksessa olevan sarjan kestosta, jota pystyttäisiin seuraamaan reaaliajassa. (Aurasto henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

8.3 SSAB haastattelu

SSAB valittiin haastateltavaksi kohteeksi, sillä yritys on yksi suurimmista sähkönkuluttajista Suomessa sekä yritys kuuluu UTU Oy:n teollisuusasiakkaisiin.

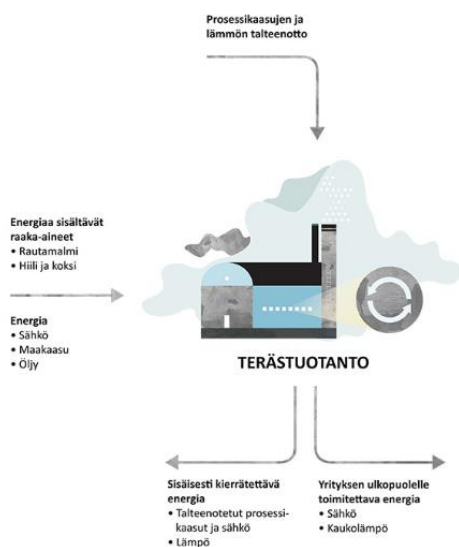
SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö, joka valmistaa muun muassa metalli- ja maalipinnoitettuja teräskeloja, -nauhoja ja ohutseinäputkia ja rakenneputkia sekä kehittää erikoislujia teräksiä. Yrityksen vuosittainen

terästuotantokapasiteetti on noin 8,8 miljoonaa tonnia Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Yritys työllistää noin 14 300 työntekijää yli 50 maassa. (SSAB.)

SSAB on mukana energiatehokkuussopimuksessa ja yrityksellä on käytössä ETJ+ energiatehokkuusjärjestelmä, joten yritys seuraa ja parantaa energiatehokkuutta jatkuvasti. (Lepistö henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

Yrityksen kulutusdataa analysoidaan kuukausiraportin yhteydessä ja analysoinnin perusteella esille nousee ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Analysoinnin perusteella voidaan ohjata prosessia tuotannosuunnittelun, linjojen operoinnin ja linjojen automaatiojärjestelmien kautta. (Lepistö henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

SSAB parantaa terästuotannon energiatehokkuutta esimerkiksi hyödyntämällä prosessista syntyviä prosessikaasuja ja lämpöä ja hyödyntämällä niitä prosessin muissa osissa sähkön ja lämmön tuottamiseksi kuvan 17 mukaisesti. Prosessista syntyvä sähkö käytetään SSAB:n tuotantoprosessissa ja suurin osa lämmöstä siirretään paikalliseen kaukolämpöverkoston. Vuonna 2017 SSAB käytti Pohjoismaissa 3,02 TWh sähköä, josta tuotettiin sisäisesti 46 prosenttia. (SSAB.)



Kuva 17. SSAB:n prosessi (SSAB)

Viime vuosien aikana tehdyt energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet ovat vähentäneet SSAB:n Hämeenlinnan tehtaan energiankulutusta noin 13 GWh, joka sisältää sähkönkulutuksen sekä maakaasun kulutuksen. SSAB:n Hämeenlinnan tehdas kuluttaa vuodessa maakaasua noin 400 GWh ja sähköä 170 GWh. Mikko Lepistö SSAB:lta arvioi kuitenkin, että kaikki energiasäästö ei kuitenkaan välttämättä ole ETJ+ järjestelmän ansiota. Yritys otti käyttöön maakaasukäyttöisen uunin rinnalle induktorin teräsnauhan kuumentamista varten, koska induktorilla on parempi hyötysuhde kuin maakaasu-uunilla. (Lepistö henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

Tuotannon energiatehokkuutta arvioidaan laskemalla tuotantotonnit suhteessa energiankulutukseen. Mittaukset on jaettu osastokohtaisesti, mutta Lepistö arvioi mittauksen olevan liian vähäinen ja sen vaativan kehittämistä. Lepistön mukaan lisäämällä mittausta voidaan havaita poikkeamia sähkönkulutuksessa tarkemmin ja suunnata panostus sinne, missä energiansäästöpotentiaali on suurin. (Lepistö henkilökohtainen tiedonanto 21.8.2019.)

8.4 Haastattelujen yhteenveto

Haastattelujen perusteella käy ilmi, että energiaa kuluttavat kohteet on jaettava selkeästi mitattaviin kohteisiin, josta käyttäjä saa selkeän käsityksen yrityksen energiankulutuksesta ja pystyy havaitsemaan laitteet, jotka käyvät huonolla hyötysuhteella. Järjestelmän tulisi myös antaa ehdotuksia energiatehokkuuden parantamisesta automaattisesti, kun parantamismahdollisuuksia havaitaan.

Mittausten tarkasteluväliä tulee pystyä muuttamaan käyttäjän tarpeiden mukaan, sillä teollisuuden prosesseja on erilaisia ja niitä seurataan eri tasolla. Lisäksi järjestelmän avulla on oltava mahdollista mitata energiatehokkuutta esimerkiksi tuotannon määrä suhteessa energiankulutukseen tai käyttötunnit suhteessa energiankulutukseen.

Tehtyjen haastattelujen perusteella yritykset tarvitsevat apua järjestelmän käyttöön otossa sekä sertifikaatin hankkimisessa, mutta yritykset haluavat ensisijaisesti käyttää järjestelmää omatoimisesti ja vaativat apua vain järjestelmän ylläpidossa sekä päivittämisessä.

8.5 Tarpeiden arviointi

Mittausjärjestelmän tulisi olla riittävän laaja kattamaan koko kohteen sähkönkulutuksen siten, että yritys saa riittävästi mittausdataa prosessista. Järjestelmää tulee olla mahdollista laajentaa, jos kohteen prosessiin tulee muutoksia tai lisää mitattavia kohteita.

Järjestelmän avulla käyttäjän tulisi saada tietoa prosessin toiminnasta sekä energiatehokkuudesta. Käyttäjät tarvitsevat hälytystiedon laitteista, jotka eivät käy parhaimmalla mahdollisella hyötysuhteella tai käyvät tyhjäkäynnillä.

Järjestelmän tulee kerätä historiatietoja ja ne tulee olla aina saatavilla, jotta järjestelmän käyttäjä voi verrata nykyistä tilannetta historiatietoihin ja saada tietoa esimerkiksi kehitysideoiden vaikutuksesta yrityksen energiankulutukseen. Sähkönkulutuksen lisäksi yritys tarvitsee käyttöönsä mittausdataa valmistettujen tuotteiden määrästä, jotta sitä voidaan verrata energiankulutukseen.

9 ENERGIATEHOKKUUDEN SÄÄSTÖPOTENTIAALI CASE-KOHITESSA

Teollisuusyrityksen energiansäästöpotentiaali riippuu yrityksen nykytilanteesta sekä toimialasta. Energiansäästöpotentiaalin laskemiseen yrityksen tulee aluksi kartoittaa nykytilanne ja selvittää mitä energiaa kuluttavia laitteita, järjestelmiä ja prosesseja yrityksessä on käytössä.

9.1 Esimerkkikohde UTU Oy

UTU Oy:n sähkönkulutus muodostuu pääosin tehdashallin valaistuksesta ja paineilmajärjestelmästä. UTU Oy:n toimistotilojen säästöpotentiaalia ei kannata tällä hetkellä arvioida, sillä tilojen energiatehokkuus on älykkään ohjauksen ansiosta hyvällä tasolla ja saatavilla ei ole riittävää määrää dataa älykkään ohjauksen vaikutuksesta. Kiinteistössä on käytössä kaukolämpö, joten kiinteistön lämmityskuluja ei oteta säästöpotentiaalissa huomioon, sillä opinnäytetyö on rajattu sähköön.

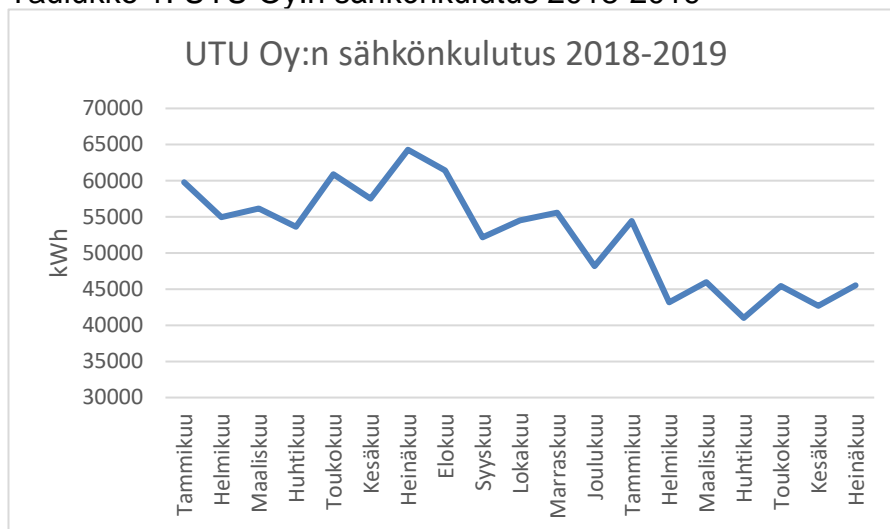
UTU Oy:n tehtaalla on Tapani Juuselan arvion mukaan noin 1000 kappaletta loisteputkivalaisimia. Loisteputkivalaisimet aiotaan vaihtaa LED-valaisimiin lähitulevaisuudessa ja niiden arvioitu takaisinmaksuaika on Tapani Juuselan mukaan noin 3 vuotta.

Tehtaalla on lisäksi vaihdettu kesäkuussa 2019 hyötysuhteeltaan parempi paineilmajärjestelmän kompressori. Kompressori on nimellisteholtaan 15 kW, kun vanha kompressori oli 25 kW. Kompressorin takaisinmaksuajaksi on arvioitu noin 3 vuotta.

Paineilmajärjestelmän vuodot on mitattu ja vuodot on arvioitu pieniksi, joten paikkaustoimia ei vielä vaadita. Paineilmajärjestelmän paine mitattiin työpis-teillä käytettävissä laitteissa, jotka vaativat noin 6,3 barin paineen, ja paineen todettiin olevan liian alhainen. Paineentaso nostettiin, josta aiheutuu

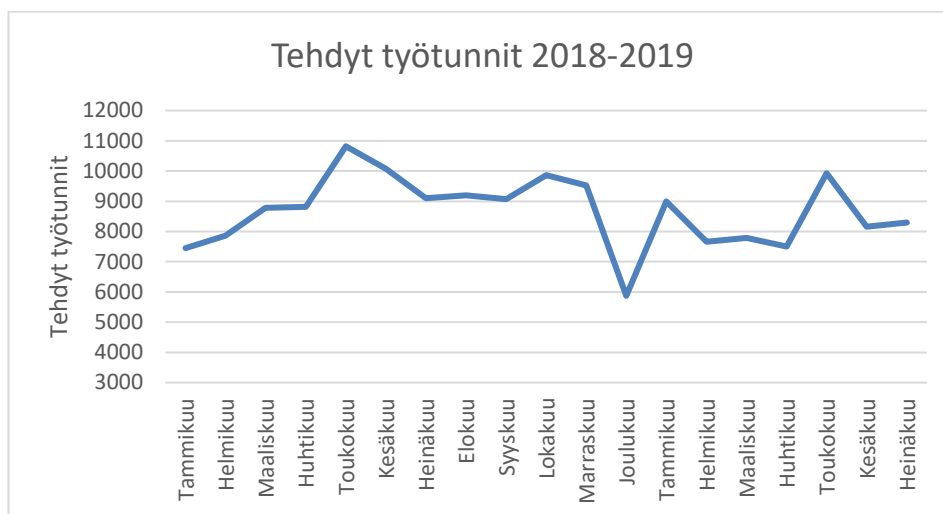
energiankulutuksessa nousua, mutta laitteiden toimintavarmuus kasvoi. Jo 1 barin paineen alennus olisi tuonut paineilmajärjestelmästä noin 6% säästön. Taulukosta 1 voidaan havaita UTU Oy:n sähkönkulutuksen putoavan helmikuussa 2019 valmistuneen remontin jälkeen. Sähkönkulutuksen putoamisesta ei kuitenkaan voida suoraan tehdä johtopäätöksiä, vaan arvioinnissa täytyy ottaa huomioon myös tuotannon määrä ja muut mahdolliset muuttujat.

Taulukko 1. UTU Oy:n sähkönkulutus 2018-2019



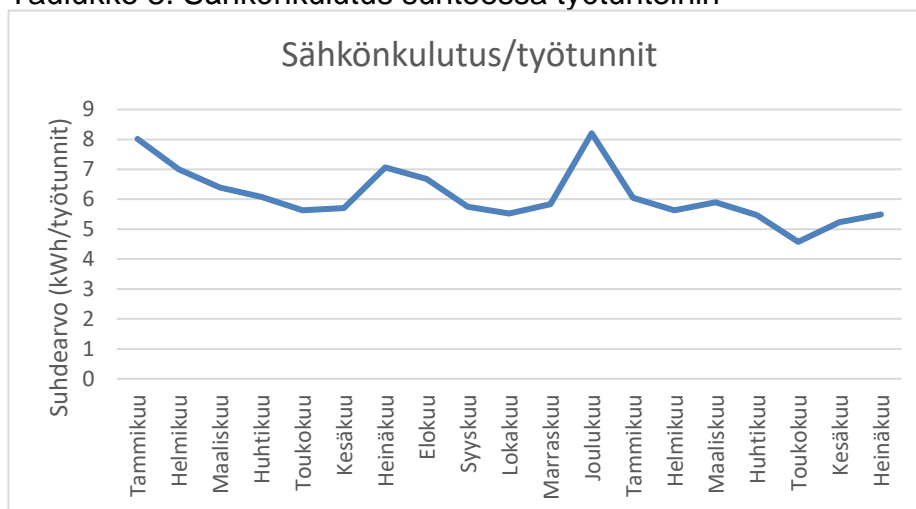
Taulukossa 2 on esitetty UTU Oy:n Ulvilan tehtaalla tehdyt työtunnit vuosilta 2018-2019. Taulukosta 2 havaitaan sähkönkulutuksen myötäilevän tehtyjä työtunteja. Taulukoista voidaan myös havaita, että helmikuussa 2018 ja 2019 tehtyjen työtuntien määrä on lähes sama, mutta sähkönkulutus on pudonnut yli 10 000kWh.

Taulukko 2. UTU Oy:n tehtaalla tehdyt työtunnit



Taulukossa 3 on esitetty UTU Oy:n sähkönkulutus suhteutettuna tehtyihin työtunteihin. Taulukosta voidaan havaita, että esimerkiksi joulukuussa työtuntien ollessa alhaisin, on suhdearvo korkeimmillaan. Tämä johtunee siitä, että esimerkiksi kiinteistön ilmanvaihto ja valaistus on käytössä samalla tavalla, vaikka työtunteja kertyisi vähemmän.

Taulukko 3. Sähkönkulutus suhteessa työtunteihin



9.2 Tulosten arviointi

Taulukosta 3 havaittiin, että työtuntien ollessa vähäisiä, tehtaalla sähkönkulutuksen suhdearvo on korkea. Tätä suhdearvoa voitaisiin parantaa esimerkiksi käyttämällä tarpeenmukaista valaistusta. Valaistusta voisi olla enemmän

työpisteillä, joissa valoa tarvitaan enemmän, kun taas kulkureiteillä missä ei tehdä jatkuvaa työtä, riittää vähäisempi valaistus. Lisäksi hyödyntämällä liiketunnistimia, voitaisiin poistaa turha valaistus alueilla, joissa ei työskennellä. Valaistukseen kuluva energia vähenee kuitenkin, kun valaisimet vaihdetaan LED-valoihin. UTU Oy:lla on käytössään tällä hetkellä noin 940 kappaletta 58 Watin loisteputkivalaisinta ja 60 kappaletta 36 Watin loisteputkivalaisinta. Valaisimet vaihdetaan 940 kappaleeseen 22,4 Watin ja 60 kappaleeseen 15,1 Watin valaisimiin. Valaisimien käyttötuntien on arvioitu olevan 2805 tuntia/vuosi. Taulukossa 4 on laskettu valaisimien vuosittainen sähkönkulutus. LED-valaisimilla saadaan siis noin 97000 kWh:n vuosittainen energiansäästö valaistuksesta.

Taulukko 4. Valaistuksen sähkönkulutus

Käyttötunnit	Kpl	Teho [W]	Energia [kWh]
2805	940	58	152928,6
Vanha	60	36	6058,8
		Yhteensä	158987,4
Käyttötunnit	Kpl	Teho [W]	Energia [kWh]
2805	940	22,4	59062,08
Uusi	60	15,1	2541,33
		Yhteensä	61603,41

Energian säästämiseksi UTU Oy:n paineilmajärjestelmän vuotoja voitaisiin seurata aikana, jolloin tehtaalla ei käytetä paineilmaa. Paineilmaa käytetään yleensä 6-16:30 välisenä aikana, joten seurannan tulisi tapahtua yöaikaan. Seuraamalla paineilmajärjestelmän sähkönkulutusta yöaikaan, voidaan nopeasti havaita suuri muutos sähkönkulutuksessa, jolloin suuret vuodot paineilmajärjestelmässä havaitaan nopeasti. Paineilmankulutusta ei voida suoraan arvioida suhteessa tehtyihin työtunteihin tai valmistettuihin tuotteisiin, sillä kaikkien tuotteiden valmistuksessa ei käytetä paineilmaa. Energiansäästöä ei voida laskea, sillä paineilmajärjestelmästä ei ole mittausdataa saatavilla.

10 JÄRJESTELMÄN PALVELUMALLI

Selvitysten perusteella UTU Oy:n palvelu voisi olla esimerkiksi kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa kartoitettaisiin asiakkaan energiansäästöpotentiaali UTU Oy:n mittausjärjestelmällä ja mittareilla. Kartoituksessa käytettävä mittausjärjestelmä voisi olla siirrettävissä ja helposti asennettavissa asiakkaan prosessiin tai sähkökeskuksiin. Asiakkaan prosessin ja tehtaan energiankulutusta mitattaisiin esimerkiksi kuukauden ajan ja samalla perehdyttäisiin kohteen energiankulutukseen, jonka jälkeen tehtäisiin datalle tarkempi analyysi ja laskettaisiin säästöpotentiaali. Kartoituksesta ja mittausjärjestelmän vuokrasta UTU Oy veloittaisi asiakasta sekä saisi potentiaalisten energiasäästöjen ja kehitysideoiden avulla myytyä kohteeseen energiahallintajärjestelmän tai energiatehokkuutta parantavia järjestelmiä ja laitteita.

Toinen vaihe sisältäisi esimerkiksi energiahallintajärjestelmän asentamisen asiakkaan kohteeseen tai prosessiin, ISO 50001 sertifikaatin hankkimisen asiakkaalle, käyttöönoton, asiakkaan kouluttamisen järjestelmän käyttöön sekä huolto, ylläpito ja tukitoimenpiteet.

UTU Oy:n järjestelmän mittauksen tiedonsiirrossa kannattaa harkita avointa kenttäväylää, kuten MODBUS, ja samalla mahdollistaa mittausjärjestelmän liittämisen muihin käyttöjärjestelmiin. Tällä tavalla asiakas voi halutessaan käyttää UTU Oy:n mittausjärjestelmää, mutta hyödyntää yrityksessä totuttuun tai jopa valmiina olevaa käyttöliittymää.

Yritys voisi luoda energiahallintajärjestelmän, joka voisi hyödyntää yrityksen omia sähkökeskuksia. Sähkökeskukseen valmiiksi rakennettu mittausjärjestelmä yksinkertaistaisi mittausjärjestelmän arkkitehtuuria, koska silloin mittareita ei tarvitsisi asentaa suoraan kentälle toimilaitteen tai prosessin yhteyteen.

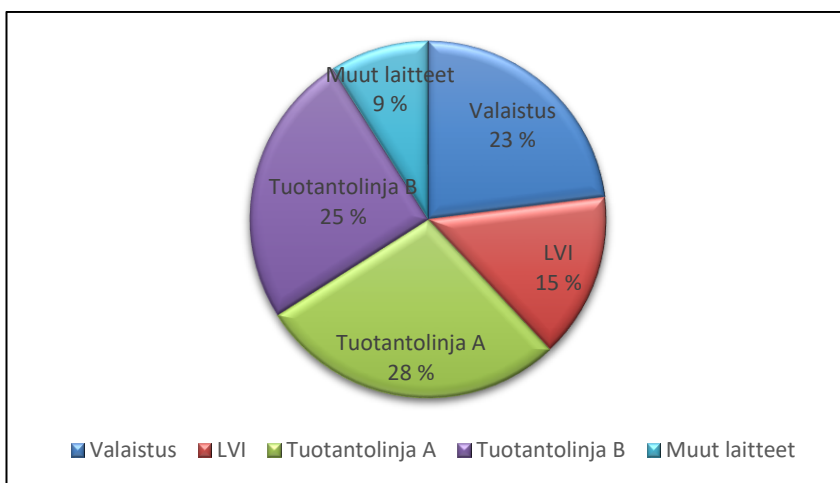
10.1 Palvelun toteuttamisen riskit ja haasteet

Energiamittausjärjestelmän toteuttamisen suurimpia haasteita on teollisuuden monimutkaiset prosessit ja järjestelmät. Energiamittausjärjestelmän integrointi valmiina olevaan prosessiin ei ole yksinkertainen projekti ja vaatii paljon osaamista eri aloilta. Sama ratkaisu ei aina välttämättä toimi joka kohteessa, jolloin energiahallintajärjestelmältä vaaditaan paljon joustavuutta. Tästä syntyy myös riski siitä, että asiakkaalle myyty järjestelmä ei esimerkiksi toimi halutulla tavalla tai se ei anna riittävän tarkkoja tuloksia.

Teollisuuden laitteet ja järjestelmät päivittyvät jatkuvasti, jolloin energiamittausjärjestelmä vaatii myös jatkuvaa ylläpitoa ja päivityksiä. Esimerkiksi asiakkaan tehdessä muutoksia tehtaan prosessiin, täytyy myös energiamittausjärjestelmää muuttaa tai laajentaa. Järjestelmä vaatii siis jatkuvaa ylläpitoa ja päivittämistä toiminnan varmistamiseksi.

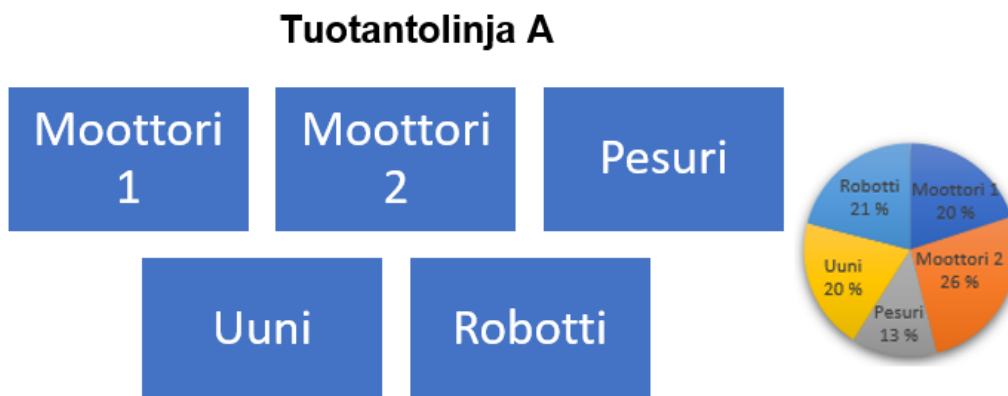
10.2 Esimerkki järjestelmästä

Järjestelmän etusivulla voisi olla kuvan 18 mukaisesti esitetty kohteen kaikki sähköä kuluttavat osa-alueet ja niiden osuus esimerkiksi kuukausittaisesta sähkönkulutuksesta.



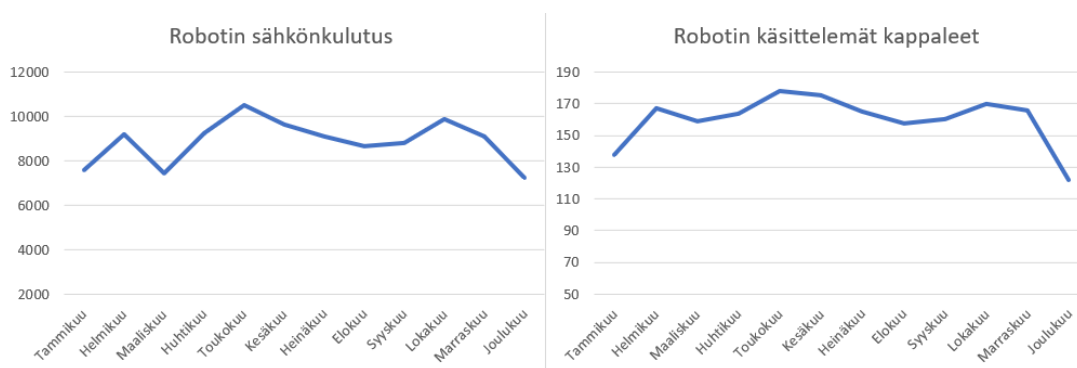
Kuva 18. Järjestelmän käyttöliittymän päävalikko

Valitsemalla jonkin mitattavista kohteista saadaan tarkempaa tietoa kohteen sähköä kuluttavista laitteista kuvan 19 mukaisesti. Tiedoissa voi lukea esimerkiksi laitteen tyyppi ja tekniset tiedot, kuten moottorin nimellisteho.



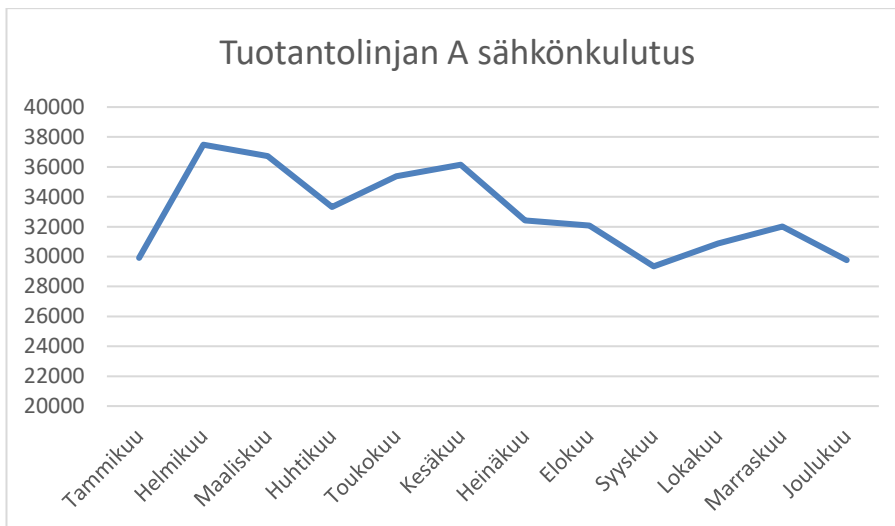
Kuva 19. Tuotantolinjan A laitteet

Tärkeä osa energiahallintajärjestelmää on historiatiedot ja niiden seuranta. Käyttöliittymän avulla tulee voida seurata laitteiden sähkönkulutusta tunti-, vuorokausi-, viikko-, kuukausi- ja vuositasolla, sillä käyttäjä voi haluta seurata niitä eri aikaväleihin riippuen käyttökohteesta. Kuvassa 20 on esitetty kuvitteellisen robotin mittausdataa ja historiatiedot.



Kuva 20 Kuvitteellisen robotin mittausdataa ja historiatiedot

Sähkönkulutusta tulisi pystyä seuraamaan myös koko tuotantolinjan osalta kuvan 21 mukaisesti, jotta käyttäjä saa yleisen katsauksen tuotantolinjan sähkönkulutuksesta ja voi verrata sitä vastaavanlaiseseen tuotantolinjaan.



Kuva 21 Kuvitteellisen tehtaan valaistuksen sähkönkulutus

11 YHTEENVETO

Teollisuuden energiatehokkuuden säädökset Suomessa on esitetty energiatehokkuuslaissa 1429/2014. Laissa ei ole määritelty energiatehokkuudelle vaatimustasoa, vaan sillä pyritään edistämään energian tehokasta ja säästäväistä käyttöä. Energiatehokkuussopimuksilla pyritään vähentämään yritysten energiankulutusta ja vastaamaan EU:n energiatehokkuusdirektiivin velvoitteisiin.

On olemassa erilaisia energiamittausjärjestelmiä, joilla on erilaisia teknisiä ratkaisuja ja käyttötarkoituksia. Opinnäytetyössä on esitetty muutama esimerkki nykyisistä järjestelmistä ja kerrottu niiden toiminnasta ja ominaisuuksista. Energiamittausjärjestelmien keskeisimpiä ominaisuuksia ovat historiatiedot, kohdekohtainen kulutuksen seuranta, energiatehokkuuden raportointi sekä helppokäyttöinen käyttöliittymä.

Teollisuusyritykset tarvitsevat riittävän laajan mittausjärjestelmän, jonka avulla yritys voi seurata ja analysoida energiankulutustaan. Analysoinnin perusteella yritysten tulisi pystyä tekemään energiatehokkaita ratkaisuja energiatehokkuuden parantamiseksi sekä auttamaan yritystä investointipäätösten tekemisessä.

Teollisuusyrityksen energiansäästöpotentiaali riippuu yrityksen nykytilanteesta sekä toimialasta. Energiansäästöpotentiaalin laskemiseen yrityksen tulee aluksi kartoittaa nykytilanne ja selvittää, mitä energiaa kuluttavia laitteita, järjestelmiä ja prosesseja yrityksessä on käytössä.

UTU Oy:llä on hyvät lähtökohdat lähteä mukaan energiahallintajärjestelmien ja palveluiden toimittajaksi. Yrityksellä on valmiina useita teollisuusasiakkaita, joiden kanssa UTU Oy on tehnyt yhteistyötä erilaisissa projekteissa.

LÄHTEET

ABB. 2010. Energy management solution for the process industry cpmPlus Viitattu 12.8.2019. Energy Manager. <https://library.e.abb.com/public/2c80e8b6e5c516d5c1257b0900349500/cpmPlus%20Energy%20Manager%20Presentation%20.pdf>

Aurasto, O. 2019. Projektipäällikkö, Trelleborg. Haastattelu 21.8.2019. Haastattelijana Oskari Mäntylä.

Edu.fi www-sivut. Viitattu 12.10.2019. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html

Energiatehokkuuslaki 1429/2014 Viitattu 28.7.2019.

Energiatehokkuussopimukset. Teknologiateollisuuden toimenpideohjelmassa sopimuskaudella 2008-2016 toteutetut energiatehokkuustoimenpiteet. Viitattu 13.10.2019. <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/wp-content/uploads/Toimenpiteiden-lajittelu-Tekno-2008-2016.pdf>

Energiatehokkuussopimukset www-sivut. 2019. Viitattu 28.9.2019. <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/energiatehokkuussopimukset/>

Energiavirasto. 2018. Tiivistelmä suuren yrityksen energiakatselmuksesta. Viitattu 27.7.2019. <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12841623/Tiivistelm%C3%A4+yriyksen+energiakatselmuksesta.pdf/c66d6aa6-2247-d094-bb07-f45b5cbc6233/Tiivistelm%C3%A4+yriyksen+energiakatselmuksesta.pdf.pdf>

Energiavirasto. Energiatehokkuussopimukset 2017-2025. Viitattu 2.7.2019. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuussopimukset>

Enerkey. Energianhallintajärjestelmän toteuttaminen EnerKeyn avulla. Viitattu 6.8.2019. https://www.ouka.fi/documents/486338/18170545/8.+Energiahallintaj%C3%A4rjestelm%C3%A4n+toteuttaminen+EnerKeyn+avulla_Jussi+Kaasalainen+Enegia.pdf/b61b675e-85ff-40c3-8fb7-8ba22eebe9e2

Federley, J. 2009. Energiatehokkaat moottorikäytöt. Motiva Oy. Viitattu 19.8.2019. https://www.motiva.fi/files/7807/Energiatehokas_moottorijarjestelma_KOULUTUSAINEISTO.pdf

Geng, H. 2017. Internet of Things and Data Analytics Handbook. John Wiley & Sons, Inc. Viitattu 2.8.2019.

Haakana, M. 2019. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin EPBD:n muutos 2018. Viitattu 28.7.2019. https://www.ym.fi/fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto

Heikkilä, I., Huumo, M., Siitonen, S., Seitsalo, P. & Hyytiä, H. 2008. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Teollisuuden energiatehokkuus. Viitattu 19.8.2019. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38378/SY_51_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Juusela, T. 2019. Tehtaanjohtaja, UTU Oy. Ulvila. Haastattelu 30.7.2019. Haastattelijana Oskari Mäntylä.

Karjalainen, J. 2013. ABB cpmPlus Energy Manager. Viitattu 12.8.2019. <https://library.e.abb.com/public/2c80e8b6e5c516d5c1257b0900349500/cpmPlus%20Energy%20Manager%20Presentation%20.pdf>

Killian, E. 2017. Understanding Electronically Commutated Motors. Viitattu 25.8.2019. <https://buildingenergy.cx-associates.com/understanding-electronically-commutated-motors>

Lepistö, M. 2019. Energiapääällikkö, SSAB. Haastattelu 21.8.2019. Haastattelijana Oskari Mäntylä.

Mattila, V. & Motiva Oy. 2012. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Viitattu 3.8.2019. https://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf

Motivan www-sivut. 2019. Viitattu 10.8.2019. https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuuden_johtaminen/energiatehokkuusjarjestelmat_etj_ja_etj

Motivan www-sivut 2017a. Viitattu 9.8.2019. https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkejatehokkaaseen_energian_ja_materiaalien_kayttoon/paineilmajarjestelma

Motivan www-sivut. 2017b. Viitattu 20.6.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/teollisuuden_energiakatselmus

Motiva. 2017. Energiatehokas paineilmajärjestelmä. Viitattu 9.8.2019. http://motiva.fi/files/7808/Energiatehokkaan_paineilmajarjestelman_suunnittelu_KOULUTUSAINEISTO.pdf

Motiva. 2014. Energiatehokkuusjärjestelmä. Viitattu 10.8.2019. https://www.motiva.fi/files/10070/Energiatehokkuusjarjestelma_ETJ_.pdf

SFS-EN ISO 50001: 2018 Energianhallintajärjestelmät. Vaatimukset ja käyttöohjeet. Suomen standardisoimisliitto SFS. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 13.7.2019.

Siemens. 2018. SIMATIC Energy Management Integrated energy management from the field to the management level. Viitattu 12.8.2019. <https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/ebook/simatic-energy-management-en.pdf>

SSAB. Energiatehokkuus. Viitattu 10.8.2019. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/kestavat-toiminnot/energiatehokkuus-ssablla>

UTU:n www-sivut. 2018. Me olemme UTU. Viitattu 24.9.2019. <https://www.utu.eu/me-olemme-utu/historia>

Valaistustiedon www-sivut. 2018. Viitattu 12.10.2019. <https://valaistus-tieto.fi/saastopotentiali/>

Huom! Tätä esimerkkiraporttia voi tarvittaessa hyödyntää yrityksen energiakatselmusraportin teossa, mutta yrityksen energiakatselmusraportin muodolle ei ole määritelty vaatimuksia laissa tai asetuksissa. Laissa ja asetuksissa on määritelty ainoastaan minimivaatimukset sille, mitä yrityksen energiakatselmusraportin tulee sisältää. Tässä esimerkkiraportissa on annettu esimerkkejä siitä, mitä hyvä yrityksen energiakatselmusraportti voi sisältää.

Yrityksen nimi

Raportin nimi

Vastuuhenkilön nimi
Vastuuhenkilön yhteystiedot
Vastuuhenkilönumero

+

Sisällysluettelo

ESIPUHE.....	3
1 YRITYKSEN TIEDOT.....	3
1.1 Toiminnan kuvaus.....	3
1.2 Toimipaikat.....	3
2 YRITYKSEN ENERGIANKÄYTTÖ.....	3
2.1 Sähkö.....	4
2.2 Lämpö.....	4
2.3 Polttoaineet.....	4
2.4 Vesi.....	4
3 KOHDEKATSELMUSTEN KESKEISET TULOKSET.....	4
4 ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMET.....	4
5 SUUNNITELMA SEURAAVISTA KOHDEKATSELMUKSISTA.....	4

LIITE X. Kohdekatselmusraportti X

LIITE Y. Kohdekatselmusraportti Y

LIITE Z. Kohdekatselmusraportti Z

Haastattelu kysymyksiä

1. Yleistä yrityksestä. (Vapaa sana)
2. Koskeeko energiatehokkuussopimus (2017-2025) yritystä? (Onko yritys liittynyt vapaaehtoisena energiatehokkuussopimukseen)
3. Millainen on tehtaan prosessi? Mitä sähköä kuluttavia laitteita tehtaalla on? (Yleisen käsityksen saamiseksi tehtaan sähkönkulutuksesta)
4. Mistä säästöjä haetaan/ on haettu? (Moottorit, ilmastointi, valaistus, muut laitteet?)
5. Millaisiin alueisiin mittaus on jaettu? Mitä järjestelmä mittaa?
6. Onko mittaus mielestäsi riittävä?
7. Millainen seuranta-/ tarkasteluväli mittauksilla on? (Päivittäin, viikoittain, kuukausittain...)
8. Millaisia moottoreita prosessissa käytetään ja ohjataanko niitä mahdollisesti taajuusmuuttajilla?
9. Kuinka paljon yritys kuluttaa sähköä?
10. Miten arvioisit yrityksen energiatehokkuutta tällä hetkellä?
11. Kuinka usein yritys suorittaa energiakatselmuksen? (Tai tekee arvon yrityksen energiankäyttöön liittyvistä asioista)
12. Minkälainen energianhallintajärjestelmä on käytössä?
13. Mitä dataa tarve analysoida?
14. Miten dataa analysoidaan?
15. Ohjataanko prosessia järjestelmän mittausten perusteella? (Mitä toimintoja se mahdollisesti sisältää?)
16. Onko yrityksessä käytössä ISO 50001 Sertifioitu järjestelmä?
17. Onko käyttöönoton jälkeen ilmentynyt kehitys ideoita/hankkeita? (Mikä on ollut arvioitu säästöpotentiaali?)
18. Onko järjestelmällä saatu säästöjä, mahdollinen muutos kulutuksessa? Onko käytössä lämmöntalteenotto prosessista?
19. Mitä energiatehokkuuteen liittyviä investointeja on tehty tai on tulossa?
20. Energiatehokkuuden mittarit? Miten energiatehokkuutta mitataan tai arvioidaan? (Esim. Suhde luku: Tuotanto/Energiankulutus?)
21. Parannus ehdotuksia tämän hetkiseen järjestelmään? (Puutteita? Ongelmia? Toimintavarmuus? Tarkkuus? Luotettavuus?)
22. Tarvitaanko järjestelmän käytössä ulkopuolista tukea?
23. Millaisia tarpeita teollisuusasiakkailta on ja miten UTU voisi edesauttaa teollisuusprosessien hallintaa?