



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Santeri Nyrönen

ENERGIAMITTAROINTIJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Opinnäytetyö

Tekniikka
2023

SISÄLLYS

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Tausta ja tavoitteet	9
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus.....	10
1.3 Tutkimusongelma ja -kysymykset	10
2 ENERGIAJOHTAMINEN	12
2.1 Energiakatselmus	12
2.2 ISO-50001 Standardi.....	12
2.3 Energiatehokkuusjärjestelmät ETJ ja ETJ+.....	14
2.4 Energiatehokkuuden jatkuva parantaminen organisaatiossa.....	14
2.5 ETJ+ ja energiamittaus.....	16
3 MITTAROINTIJÄRJESTELMÄSTÄ.....	17
3.1 Yleistä energiamittarointijärjestelmistä	17
3.2 Mittarointijärjestelmän rakenteesta	17
3.3 IoT ja energian monitorointi IoT-pohjaista järjestelmää käyttäen	18
3.4 SaaS.....	20
3.5 Power BI.....	21
4 ENERGIAN SEURANNASTA JA OPTIMOINNISTA	22
4.1 Energian seuranta ja optimointi.....	22
4.2 Alamittaukset	22
4.3 Dashboardit	23
4.4 Esimerkki valaistuksen optimoinnista	23
5 ENERGIAMITTAROINTI JA HALLINTAJÄRJESTELMIÄ TARJOAVAT YRITYKSET .	25
5.1 Schneider Electric	25
5.1.1 EcoStruxure Building Operation.....	25

5.1.2	Ecostruxure Power Monitoring Expert	25
5.1.3	EcoStruxure Power Advisor	26
5.1.4	Ecostruxure Building Advisor	26
5.1.5	Ecostruxure Resource Advisor	26
5.1.6	Järjestelmien yhteiskäyttö	27
5.2	Granlund Manager	28
5.2.1	BI-raportointiominaisuus	28
5.3	EG EnerKey ja SEMS.....	29
5.3.1	EG Ines.....	29
5.4	Mittrix Oy.....	31
5.5	Quentic GmbH	31
6	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	32
6.1	Määrällinen kyselytutkimus	32
6.2	Otos ja kohderyhmä	33
6.3	Tulokset ja analysointi	33
6.3.1	Energiadatan mittaaminen	33
6.3.2	Energiadatan seuraaminen	34
6.3.3	Energiadatan perusteella toteutettu optimointi	35
6.3.4	Energian alamittaukset	36
6.3.5	Energiamittarointijärjestelmät ja/tai seurantapalvelut.....	36
6.3.6	Mittausjärjestelmien kehittäminen	40
6.4	Yritysten tarjoamien järjestelmien ja palveluiden vertailutaulukko	40
7	YHTEENVETO	43
8	POHDINTAA	45
	LÄHTEET	46
	LIITE 1. ENERGIAMITTAROINTIJÄRJESTELMÄN PERIAATEKUVA [13].....	50

LIITE 2. HAHMOTELMA TERMIEN SOFTWARE-, PLATFORM-, JA INFRASTRUCTURE- AS A-SERVICE -RAKENTEESTA. [17].	51
LIITE 3. PME-JÄRJESTELMÄN ARKKITEHTUURI.....	52
LIITE 4. KÄYTTÄJIEN AKTIIVISUUS KIIINTEISTÖN ENERGIADATAN SEURANNALLE.	53

KUVALUETTELO

Kuva 1. Jatkuvan parantamisen periaate energiatehokkuusjärjestelmään soveltaen. (lähde: ISO 50001 Standardi).....	13
Kuva 2. Maailman Väkiluku ja yhdistettyjen laitteiden määrä vuonna 2020 (6. Ismail, Y. Introductory Chapter: Internet of Things (IoT) Importance and Its Applications; IntechOpen: London, UK, 2019; pp. 1–4).....	19
Kuva 3. Internet of Things, eli IoT, Termi voidaan hahmottaa kolmena osa- alueena: esineiden internetinä, teollisena internetinä ja tavaroiden internetinä. [15].	20
Kuva 4. EBO:n ja PME:n ominaisuusvertailu.	27
Kuva 5. Miten mittatietoja kerätään kiinteistöistänne? Tutkimuskysymys.....	33
Kuva 6. Mitä kiinteistön mitattavia ominaisuuksia seuraat säännöllisesti?	34
Kuva 7. Millaisia toimenpiteitä olette suunnitelleet, tai toteuttaneet kerättyjen energiatietojen perusteella?. Tutkimuskysymys	35
Kuva 8. Mitä alamittaroinnilla mitataan kiinteistöissä? Tutkimuskysymys	36
Kuva 9. Käytättekö jonkin yrityksen tarjoamaa energiamittarointijärjestelmää ja/tai seurantapalvelua? Tutkimuskysymys	37
Kuva 10. Mihin käytätte Schneider Electricin tarjoamaa järjestelmää?	37
Kuva 11. Mihin käytätte Granlundin tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys	38
Kuva 12. Mihin käytätte EG Enerkeyn tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys.	38
Kuva 13. Mihin käytätte Fidelixin tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys.	39
Kuva 14. Mihin käytätte mainitsemanne jonkun muun yrityksen tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys.	39

Kuva 15. Mitä haluaisitte lisättävän käytössäoleviin mittarointi ja/tai energiaseurantajärjestelmiin ja palveluihin? Tutkimuskysymys. 40

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Santeri Nyrönen
Opinnäytetyön nimi	Energiamittarointijärjestelmien vertailu
Vuosi	2023
Kieli	Suomi
Sivumäärä	49 + 4 liitettä
Ohjaaja	Juha Ramsila

Opinnäytetyö käsittelee energiamittarointijärjestelmien potentiaalia ja vertailee erilaisia markkinoilla olevia järjestelmiä ja palveluita, kuten Schneider Electricin, Granlundin ja EnerKeyn tarjoamia ratkaisuja.

Toteutettavan määrällisen tutkimuksen pohjalta pyritään ymmärtämään, kuinka kiinteistöjen eri organisaatioiden toimihenkilöt mittaavat ja seuraavat energiasuureitaan ja optimoivatko he energiankäyttöä mittatietojen perusteella.

Kyselytutkimuksen avulla selvitetään eri mittarointijärjestelmien ja seurantapalveluiden käyttöönoton motivaatioita ja niiden hyödyntämistä käytännössä.

Tutkimus osoittaa, että energiamittarointijärjestelmien valinnassa on eroja, ja että niiden käyttöaste vaihtelee. Lisäksi tulokset viittaavat siihen, että lisäpalvelut, integraatio ja käyttäjäystävällisyys ovat tärkeitä tekijöitä järjestelmän valintapäätöksessä.

Avainsanat	Johtamisjärjestelmä,	Energiatehokkuus,
Energiamittarointijärjestelmä,	Energianhallintajärjestelmä,	Schneider Electric

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

ABSTRACT

Author	Santeri Nyrönen
Title of Thesis	Comparing Energy Metering Systems
Year	2023
Kieli	Finnish
Pages/attachments	49 + 4 attachments
Supervisor	Juha Ramsila

Thesis addresses the potential of energy metering systems and compares various systems available in the market, such as those offered by Schneider Electric, Granlund, and EnerKey.

To gather information based on knowledge, quantitative research is created. The aim is to understand how personnel from different organizations within properties measure and monitor their energy quantities, and whether they optimize their energy use based on metering data.

Using a survey, the motivations for adopting different metering systems and monitoring services, and their practical application, are explored.

The study demonstrates that there are differences in the selection of energy metering systems, and that their usage rate varies. In addition, the findings suggest that additional services, integration, and user-friendliness are important factors in the decision to choose a system.

Keywords Management system, Energy efficiency, Energy
metering systems, Energy management system, Schneider Electric

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Energiakatselmus

Datan ja muiden saatavilla olevien tietojen perusteella laadittu dokumentoitu prosessi. Se pyrkii antamaan kattavan kuvan organisaation energiankäyttöprofiilista ja identifioimaan potentiaaliset alueet energiansäästöön ja energiatehokkuuden optimointiin, sekä arvioimaan säästöjen laajuuden.

Pk-yritys

Käsite, jolla kuvataan alle 250 työntekijän yrityksiä. Lyhenne pk. kuvastaa pieniä tai keskikokoista yritystä.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Kiinteistöjen ympäristöjohtaminen ja energiatehokkuus ovat keskeisiä termejä organisaation ympäristöetiikan, kuin taloudellisen näkökulman kannalta.

Euroopan unionin tavoitteena on saavuttaa 55 prosentin päästövähennykset vuoteen 2030 mennessä ja hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä. Nämä tavoitteet ovat osa Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa, joka sisältää useita kiinteistöalaa merkittävästi koskevia toimenpiteitä. Ehdotettu energiatehokkuusdirektiivi asettaa tiukat tavoitteet rakennusten ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Uusien rakennusten odotetaan olevan päästöttömiä vuoteen 2030 mennessä, mutta vielä suurempi merkitys on olemassa olevien kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamistoimilla ja uusiutuvan energian käytön lisäämisellä. Euroopassa rakennukset kuluttavat keskimäärin 40% kokonaisenergiankulutuksesta. [1; 2; 3]

Energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti jäsenmaiden tulee yhdessä saavuttaa EU-tason energiankulutuksen lasku siten, että vuoteen 2030 mennessä kulutus on 11,7 prosenttia alempi kuin vuoden 2020 kulutusennusteessa ennakoitiin. Jäsenvaltioille annettu EU-tason energian loppukulutuksen vähentämistavoite on sitova. Direktiivin mukaisesti Suomen energian loppukulutuksen tulisi vuonna 2030 olla korkeintaan 241 terawattituntia (TWh). Tämä tarkoittaa noin 50 TWh:n vähennystä nykyiseen kulutustasoon verrattuna. [4].

Organisaation energianjohtamista varten ovat energianhallintajärjestelmätyökalut, kuten esimerkiksi Schneider Electricin ja EG Enerkeyn ja Granlundin tarjoamat järjestelmät auttavat organisaatioita seuraamaan ja ymmärtämään omaa kiinteistön energiankulutustaan paremmin.

Tämä työ rajoittuu energiamittarointiin, energian seurantaan ja energianhallintajärjestelmiin, jotka toimivat osana organisaation energiaohtamista. Yritykset tarjoavat suuren määrän erillisiä palveluja mittarointijärjestelmien yhteydessä, jotka mahdollistavat esimerkiksi kiinteistöjen sähköjärjestelmien valvonnan, hälytykset ja mittausten raportoinnin. Työn yhteydessä on tutustuttu erilaisiin energianhallintajärjestelmiin ja kiinteistön ylläpitojärjestelmiin ja hahmotettu kokonaisuutta, josta energianjohtamisjärjestelmä organisaatiossa koostuu.

Teoriaosassa käsitellään seuraavia aiheita:

- Tietoa yleisesti energiamittarointijärjestelmistä, niiden toiminnasta, käyttöliittymistä ja mittalaitteista.
- Vertaillaan energiamittarointijärjestelmiä, sekä niihin liittyviä palveluita, kuten Schneider Power Monitoring Expert, Granlund Manager ja EnerKeyn tarjoamia järjestelmiä keskenään ja selvittää niiden keskeiset erot ja yhtäläisyydet.
- Energiamittarointipalveluiden käyttöönoton tarkoitusperät ja hyödyt käyttäjän näkökulmasta.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

Tutkimusta toteuttava henkilö opiskelee Vaasan ammattikorkeakoulussa ja toteuttaa opinnäytetyön Vaasan Schneider Electricille. Opinnäytetyötä tekevällä ei ole kyseistä projektia aikaisempaa kokemusta mittarointijärjestelmistä tai yritysten toimintatavoista.

Työn taustalla on tarve ymmärtää, kuinka kiinteistönomistajat, käyttäjät ja toimihenkilöt hyödyntävät energiamittarointijärjestelmiä ja millaisia valintoja he tekevät järjestelmien hankinnassa. Lisäksi pyritään selvittämään, miten eri järjestelmät eroavat toisistaan ja millaisia lisäpalveluita ne tarjoavat. Tämä tieto auttaa hahmottamaan energianhallintajärjestelmistä kiinnostuneiden asiakkaiden tarpeita ja edistää ymmärrystä asiakkaan ja palveluntarjoajan välillä.

1.3 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tutkimusongelmana on:

- **Miksi asiakkailla on yksi, tai useita energiamittarointijärjestelmiä käytössään ja kuinka he hyödyntävät niitä käytännössä?**

Schneider Electric on havainnut, että asiakkailla on Schneiderin mittarointijärjestelmien lisäksi joitain muiden yritysten järjestelmiä käytössään. Määrällisen tutkimuksen avulla pyritään selvittämään, mitä varten joillain organisaatioilla saattaa olla useampi eri mittarointijärjestelmä, tai energianhallintapalvelu käytössään.

Työn aikana toteutettiin muutama haastattelu eri yritysten kiinteistöjen parissa toimivien henkilöiden kanssa. Nämä haastattelut toteutettiin opinnäytetyön tekijän oman tietämyksen keräämiseen tutkimuksen alkuvaiheessa, eikä haastatteluihin paneuduta työssä syvemmin. Haastattelut auttoivat saamaan syvempää ymmärrystä asiakkaiden, ja kiinteistöjen energiankäytön parissa toimivien henkilöiden käyttämien järjestelmien käyttötarkoituksista. Tätä tietoa käytettiin myöhemmin hyväksi muodostettaessa kysymyksiä tutkimuskyselyä varten.

Työn päämääräisenä tutkimusmenetelmänä oli kvantitatiivinen tutkimuskysely, jonka kohderyhmänä olivat erilaiset kiinteistöjen parissa työskentelevät henkilöt, (Kiinteistöjen omistajat, kiinteistömanagerit, huoltajat, kiinteistöpäälliköt, isännöitsijät.) joiden vastuulle kuuluu kiinteistön energiankulutus.

Tutkimus yrittää löytää vastausta ongelmaan seuraavilla **tutkimuskysymyksillä**:

- Onko energiamittarointijärjestelmissä, tai niiden oheispalveluissa käyttäjän kannalta merkittäviä eroja?
- Käyttävätkö asiakkaat hankkimiaan energiamittarointijärjestelmiä niiden kaikessa potentiaalissaan?
- Kuka kerää mitä dataa ja miten? Seurataanko mitattavia energiasuureita säännöllisesti? Optimoidaanko käyttöä näiden perusteella?

2 ENERGIAJOHTAMINEN

2.1 Energiakatselmus

Suomessa vuonna 2015 käyttöön otettu energiatehokkuusdirektiivi määrittelee Eu:n ja kansallisen tason energiatehokkuuden tavoitteet ja velvollisuudet energiatehokkuuden parantamiseksi. Suomen energiatehokkuuslaki velvoittaa suurten yritysten toteuttavan energiakatselmus joka neljäs vuosi. Suuriksi laki määrittää yritykset, joiden työntekijämäärä ylittää yli 250 henkilöä tai joiden liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja tase yli 43 miljoonaa euroa. Suomessa pienien tai keskikokoisten yritysten ja kuntien energiakatselmukset ovat vapaaehtoisia.

Työ, ja elinkeinoministeriö tukee pk-yritysten sekä kuntien vapaaehtoisia energiakatselmustoimintaa. Huomattakoon, että kunnallisella tasolla energiatehokkuussopimukseen on osallistunut päivämäärällä 04.05.2023 jo 132 kuntaa ja 12 kuntayhtymää, joka on lähes puolet suomen kunnista. [5; 6].

Energiakatselmuksissa pyritään seuraaviin tavoitteisiin: analysoida kohteen energiankäyttöä, tunnistaa energiansäästöpotentiaalia ja tarjota kustannustehokkaita toimenpide-ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Mikäli yrityksellä on ISO 50001 -standardin mukaisesti sertifioitu energianhallintajärjestelmä, tai ISO 14001 -standardin mukaisesti sertifioitu ympäristöhallintajärjestelmä sekä ETJ+ -energiatehokkuusjärjestelmä käytössään, se vapautuu pakollisista energiakatselmuksista. Samoin energiatehokkuussopimus yhdessä ETJ+-järjestelmän kanssa poistaa velvoitteen suorittaa pakolliset energiakatselmukset. [7; 8; 9].

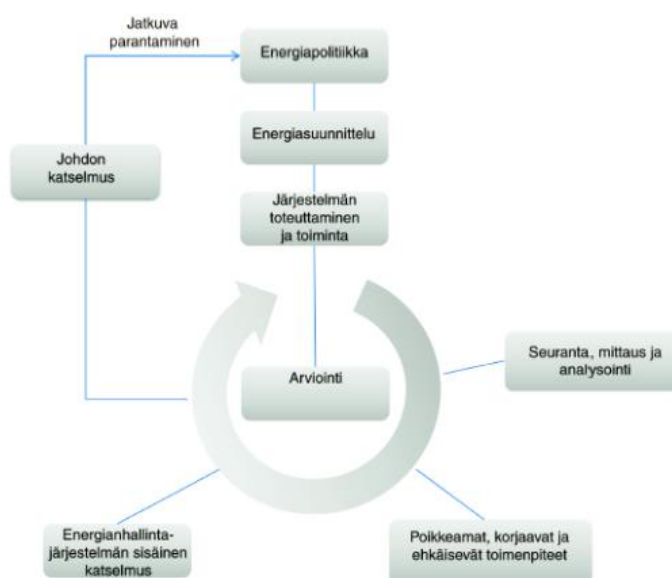
2.2 ISO-50001 Standardi

ISO 50001 on kansainvälinen standardi, joka määrittelee energianhallintajärjestelmän vaatimukset. Se on suunniteltu auttamaan organisaatioita parantamaan energiatehokkuuttaan järjestelmällisen lähestymistavan avulla. Standardi perustuu Kuvan 1. Plan-Do-Check-Act (PDCA) -malliin, joka on yhteinen myös ISO 9001 (laadunhallintajärjestelmät) ja ISO 14001 (ympäristöhallintajärjestelmät) standardien kanssa, mikä helpottaa sen integrointia näihin järjestelmiin.

Organisaatiot voivat olla motivoituneita ottamaan käyttöön ISO 50001 -standardin monista syistä. Frederic Marimonin ja Marti Casadesuksen tutkimuksessa määriteltiin kolme päämotivaatiota: sosiaaliset vaatimukset, ekologiset ajurit ja kilpailuetu. [12].

ISO 50001 -standardin käyttöönottoon liittyy myös haasteita. Yksi merkittävä haaste on ihmisten asenteiden muuttaminen: energiankulutuksen vähentämisen ei tarvitse vaikuttaa turvallisuuteen, laatuun tai tuotantokyklin aikaan. Lisäksi energiankäytön perustason ja energiatehokkuusindikaattorien määrittäminen voi olla haasteellista johtuen datan monimutkaisuudesta ja tuotantomäärien suuresta vaihtelusta. [12].

ISO 50001 -standardin käyttöönotosta on monia hyötyjä. Standardi on tehokas työkalu organisaatioille, jotka haluavat parantaa energiatehokkuuttaan. Standardin käyttöönoton on osoitettu johtavan merkittäviin energiansäästöihin ja CO₂-päästöjen vähentämiseen. Lisäksi se voi parantaa organisaation imagoa ja edistää innovaatiota. [12]



Kuva 1. Jatkuvan parantamisen periaate energiatehokkuusjärjestelmään soveltaen. (lähde: ISO 50001 Standardi).

2.3 Energiatehokkuusjärjestelmät ETJ ja ETJ+

Energiatehokkuusjärjestelmät ETJ ja ETJ+ ovat kansallisia järjestelmiä, jotka ohjaavat yrityksiä parantamaan energiatehokkuuttaan systemaattisesti ja jatkuvasti. Molemmat järjestelmät noudattavat kansainvälisen energianhallintastandardin ISO 50001 rakennetta, mutta eri tasoilla yksityiskohtaisuudessa.

ETJ määrittelee vähimmäisvaatimukset yrityksen toimintatavoille ja prosesseille energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen toteuttamiseksi. Tämä sisältää energiatehokkuustyön organisoinnin, energiatehokkuustavoitteiden asettamisen, suunnitelman energiatehokkuuden parantamiseksi, energiatehokkuuden huomioon ottamisen laite- ja järjestelmävalinnoissa elinkaaren aikana sekä energiankulutuksen seurannan ja vuosittaisen raportoinnin. ETJ:n vaatimukset on kuvattu yleisemmällä tasolla kuin ISO 50001 -standardissa.

Energiatehokkuussopimuksen energiavaltaisen teollisuuden tai energiantuotannon toimenpideohjelmiin liittyneiden yritysten on edellytetty toteuttavan ETJ-järjestelmää sopimuskausilla 2006-2016 ja 2017-2025.

ETJ+ on puolestaan kehittyneempi versio ETJ-järjestelmästä. Se sisältää ISO 50001-standardin mukaiset velvoitteet ja vaatimukset ylimmälle johdolle, energiakatselmustoiminnalle, seurannalle, mittauksille ja analysoinnille. ETJ+:n vaatimukset ovat näin ollen yksityiskohtaisempia ja vaativampia kuin ETJ:n vaatimukset. [10].

2.4 Energiatehokkuuden jatkuva parantaminen organisaatiossa

Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+ tarjoaa strategisen ja järjestelmällisen lähestymistavan organisaatioille, joissa pyritään paitsi parantamaan energiatehokkuutta, myös vähentämään energiankulutusta ja siihen liittyviä kustannuksia. Se on merkittävä tekijä parannettaessa organisaation tuotantotehokkuutta ja kilpailukykyä.

ETJ+ -järjestelmässä korostetaan seuraavia tärkeitä vaiheita energiatehokkuuden parantamiseksi:

Sitoutuminen johtotasolta: Johtotason aktiivinen sitoutuminen ja tuki ovat olennaisia komponentteja energiatehokkuuden edistämisessä. Johto viitoittaa tien asettamalla strategian ja tavoitteet.

Vaikutusten tunnistaminen: Energiankulutuksen ja sen aiheuttamien kustannusten, ympäristövaikutusten sekä suunnittelun ja mitoituksen ymmärtäminen on perustavanlaatuinen askel energiatehokkuuden hallinnassa.

Selkeiden tavoitteiden asettaminen: Parantaakseen energiatehokkuutta on tärkeää asettaa konkreettisia, mitattavissa olevia tavoitteita, jotka ohjaavat organisaation toimintaa.

Vastuiden määrittäminen: Toimintavastuut tulee määritellä selkeästi, jotta energiatehokkuuden parantamistoimenpiteet voidaan toteuttaa tehokkaasti.

Konkreettisten toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus: Tavoitteiden saavuttamiseksi on suunniteltava ja toteutettava konkreettisia toimia.

Seurantamenetelmät: Energiankulutuksen ja toteutettujen toimien seuranta on tärkeä osa prosessia, joka auttaa arvioimaan tavoitteiden saavuttamista ja tunnistamaan mahdolliset parannuskohteet.

Tavoitteiden tarkistaminen ja jatkotoimenpiteiden määrittäminen: Jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti järjestelmän toimivuus ja tavoitteiden saavuttaminen tarkistetaan säännöllisesti ja määritellään tarvittavat jatkotoimenpiteet. [11].

ETJ+ -järjestelmän viisivaiheinen prosessi sisältää seuraavat osa-alueet:

1. Energiapolitiikka: Organisaation yleinen sitoutuminen energiatehokkuustavoitteisiin. Energiaan liittyvät asiat voidaan integroida organisaation johtamisjärjestelmään, jolloin erillistä energiapolitiikkaa ei tarvita.
2. Suunnittelu: Käsittää energiankäytön kartoituksen, tavoitteiden asettamisen ja toimenpiteiden sekä menettelytapojen suunnittelun tavoitteiden saavuttamiseksi.
3. Täytäntöönpano ja toteutus: Toteutetaan tehokkuutta parantavat toimenpiteet, organisoidaan toimintaa ja huolehditaan henkilökunnan koulutuksesta ja tiedotuksesta.
4. Tarkkailu ja korjaavat toimenpiteet: Energiankulutuksen aktiivinen seuranta, vertailuarvojen asettaminen ja energiatehokkuuden itsearviointi kuuluvat tähän vaiheeseen.
5. Johdon katselmus: Arvioidaan järjestelmän toimivuutta, tavoitteiden saavuttamista ja uusien tavoitteiden asettamista. [11].

2.5 ETJ+ ja energiamittaus

Toisin kuin ETJ-järjestelmässä, ETJ+:ssa mittausjärjestelmän kehittämisen tulee olla jatkuvaa ja arvioitua. Mittalaitteiden kalibrointitietojen tallentaminen on myös tärkeää. Energiatehokkuuden hallintaryhmän tulisi arvioida mittausjärjestelmän tilaa vähintään kerran vuodessa. Tähän liittyy mittalaitteiden laadun ylläpitämisen suunnittelu, kuten kalibrointi ja huoltotoimenpiteet. [10.]

Mittausjärjestelmän dokumentointi, joka sisältää energiamittaukset ja muut energiankulutusta kuvaavat mittaukset kuten paineen, lämpötilan ja virtauksen, on keskeinen osa prosessia. Tämä helpottaa järjestelmän arviointia ja ennen kaikkea mahdollistaa mittausjärjestelmään tehtävien muutosten seurannan. Laskennallisten arvojen tapauksessa kaikkien laskentaperusteiden ja kaavojen dokumentointi on välttämätöntä mittausjärjestelmän ylläpitämiseksi. [10].

3 MITTAROINTIJÄRJESTELMÄSTÄ

3.1 Yleistä energiamittarointijärjestelmistä

Energiamittarointijärjestelmät ovat siis ratkaisuja, joiden avulla kerätään, analysoidaan ja hahmotetaan kiinteistöjen energiankulutusta koskevia tietoja.

Pilvipohjaiset ja kolmannen osapuolen tarjoamat mittausjärjestelmät ovat nykyaikaisia ratkaisuja energiankulutuksen seurantaan ja hallintaan. Nämä järjestelmät mahdollistavat energiankulutustietojen reaaliaikaisen seurannan ja analysoinnin, tallentamisen ja jakamisen turvallisesti ja helposti. Tämä antaa yrityksille ja kiinteistöjen omistajille mahdollisuuden reagoida nopeasti energiankulutuksen muutoksiin ja tehostaa energiankäyttöä. Lisäksi nämä järjestelmät tarjoavat helpon tavan jakaa tietoja eri osapuolten, kuten energiayhtiöiden, asiantuntijoiden ja kiinteistöjen käyttäjien kesken.

Eri yritysten tarjoamat energiamittarointijärjestelmät eroavat toisistaan rakenteeltaan, ominaisuuksiltaan, käytettävyydeltään ja hinnoittelultaan. Schneider Electricin ja EnerKeyn kaltaiset yritykset tarjoavat erilaisia järjestelmiä ja palveluita, jotka on suunniteltu vastaamaan erilaisten kiinteistöjen käyttäjien tarpeita. Järjestelmissä on usein integroituna pilvipalveluita, jotka mahdollistavat pääsyn energiatietoihin reaaliajassa mistä tahansa ja millä tahansa verkkoselaimella. Näiden erojen ja monipuolisten ominaisuuksien takia on tärkeää vertailla eri energiamittarointijärjestelmiä ja valita se, joka parhaiten vastaa omien kiinteistöjen ja käyttäjien tarpeisiin.

3.2 Mittarointijärjestelmän rakenteesta

Energiamittarointijärjestelmät koostuvat useista komponenteista, jotka yhdessä muodostavat kokonaisvaltaisen ratkaisun energiankulutuksen mittaamiseen, seurantaan ja hallintaan. Liitteessä 1 oleva mittarointijärjestelmäkaavio tarjoaa kuvallisen esityksen Schneiderin toteuttaman mittarointijärjestelmän kokonaisuudesta.

Järjestelmän arkkitehtuuri sisältää tyypillisesti seuraavat osat:

Energiamittarit: Mittarit ovat laitteita, jotka mittaavat ja tallentavat energiankulutusta reaaliaikaisesti. Ne voivat mitata esimerkiksi sähkön, kaasun, veden tai esimerkiksi lämmön kulutusta eri kohteissa, kuten asunnoissa, toimistoissa tai teollisuuslaitoksissa.

Kommunikaatioväylät: Järjestelmään kuuluu usein erilaisia väylätekniikoita, jotka mahdollistavat tiedon siirtämisen mittareista muihin järjestelmän osiin. Kommunikaatioväylinä Timo Vihavaisen Diplomityön mukaan esimerkiksi

Schneiderillä Modbus-sarjaliikenneprotokollaa käytetään kenttälaitteiden keskinäiseen kommunikointiin. [35]. M-Bus protokolla on standardisoitu toimimaan lämpömittareiden ja kaikkien muiden kulutusmittareiden, sekä erilaisten anturien ja toimilaitteiden kanssa. [36].

Tietojen keruu ja siirto: Energiamittarointijärjestelmät sisältävät usein dataloggerin tai tietoliikennemoduulin, joka kerää ja siirtää energiankulutustietoja mittareilta ylemmän tason järjestelmäkomponentteihin, kuten pilvipalveluihin tai paikallisiin palvelimiin.

Pilvipalvelut ja/tai paikalliset palvelimet: Järjestelmään kuuluu usein pilvipohjainen tai paikallinen palvelin, joka vastaanottaa, tallentaa ja analysoi energiankulutustietoja. Pilvipalveluiden etuna on skaalautuvuus, helppo ylläpito ja pääsy tietoihin mistä tahansa, kun taas paikallisissa palvelimissa tieto voi olla paremmin suojattu ulkopuolisilta.

Analyysi- ja raportointityökalut: Järjestelmän tärkeä osa ovat analyysi- ja raportointityökalut, jotka mahdollistavat energiankulutustietojen käsittelyn, analysoinnin ja raportoinnin. Nämä työkalut voivat sisältää esimerkiksi graafisia esityksiä, vertailuja ja trendianalyysejä, jotka auttavat ymmärtämään energiankulutusta ja tunnistamaan mahdollisia säästökohteita.

Käyttöliittymät: Käyttäjät voivat seurata ja hallita energiamittarointijärjestelmää erilaisten käyttöliittymien, kuten selainpohjaisten sovellusten, mobiilisovellusten tai paikallisesti asennettavien ohjelmistojen avulla.

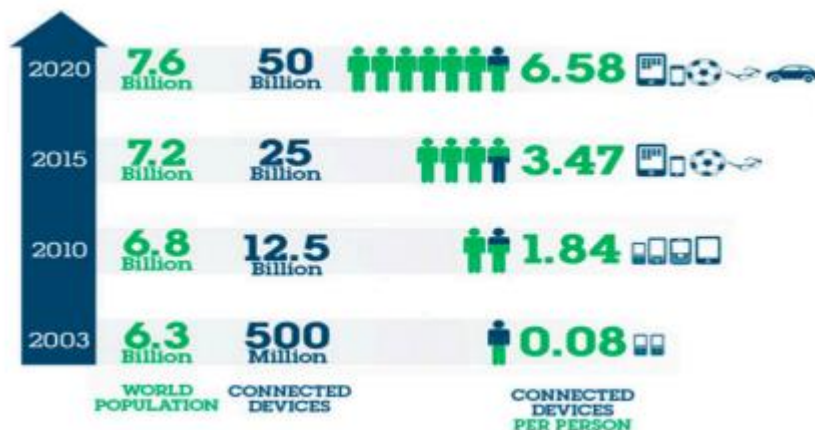
3.3 IoT ja energian monitorointi IoT-pohjaista järjestelmää käyttäen

Internet of Things, eli IoT, viittaa erilaisten fyysisten esineiden, palveluiden, ohjelmistojen ja järjestelmien yhdistämiseen internetin välityksellä. Tämä mahdollistaa organisaatiolle pääsyn reaaliaikaiseen, kustannustehokkaaseen ja monipuoliseen dataan, joka tarjoaa uusia näkökulmia ja tietoa toiminnan kehittämiseen. Kuvan 3. mukaan IoT termi voidaan hahmottaa kolmena eri osa-alueena: Esineiden, teollisuuden ja tavaroiden internetinä.

IoT-sensorit ovat keskeinen osa tätä teknologiaa. Ne keräävät ja lähettävät tietoa erilaisista parametreista ja olosuhteista. Sensorit voivat raportoida laitteiden sijaintia, tuotteiden käyttöasteita tai kiinteistöjen sähkönkulutusta. Tämä tieto mahdollistaa entistä tarkemman seurannan ja analyysin, mikä puolestaan voi auttaa yritystä tehostamaan toimintaansa, parantamaan tuotteidensa ja palveluidensa laatua sekä vähentämään ympäristövaikutuksiaan. [14]

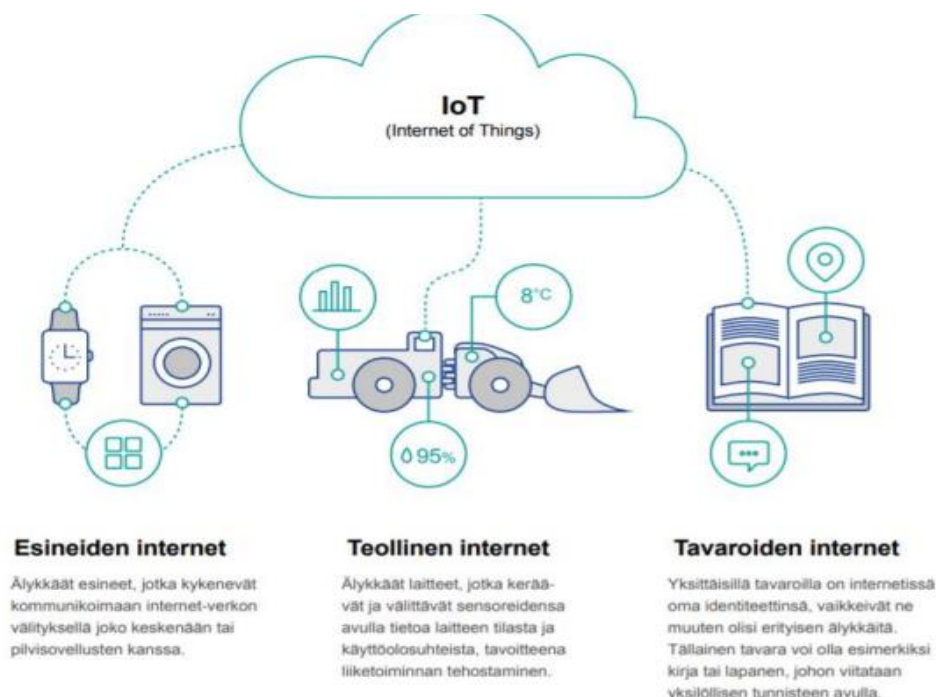
Yhdistettyjen laitteiden määrä maailmassa on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosina. Kuvan 2. mukaan vuonna 2020 arvioitiin, että maailmassa on yli 50

miljardia IoT-laitetta. Tämä luku on kuitenkin vain arvio, sillä todellinen määrä riippuu monista tekijöistä, kuten teknologian kehittymisestä, markkinoiden kysynnästä ja yhteiskunnallisista tekijöistä.



Kuva 2. Maailman Väkiluku ja yhdistettyjen laitteiden määrä vuonna 2020 (6. Ismail, Y. Introductory Chapter: Internet of Things (IoT) Importance and Its Applications; IntechOpen: London, UK, 2019; pp. 1–4)

IoT-pohjaisen energiamittarointijärjestelmän kerrotaan olevan hyvä työkalu rakennuksen energiankulutuksen seuraamiseen ja hallintaan. Tutkimuksen mukaan (Recent Advances in Internet of Things (IoT) 2021) Wahiba Yaïci ja muut kertovat, että IoT-pohjaisilla energiamittarointijärjestelmillä voidaan mitata laitteiden energiankulutusta suoraan, jolloin jokaisen laitteen kulutusta voidaan tarkastella erikseen. [16].



Kuva 3. Internet of Things, eli IoT, Termi voidaan hahmottaa kolmena osa-alueena: esineiden internetinä, teollisena internetinä ja tavaroiden internetinä. [15].

Tiedon kerääminen on hyödyllistä monista syistä:

Voidaan selvittää, mitkä laitteet tai prosessit kuluttavat paljon energiaa. Nämä laitteet voidaan optimoida energiatehokkaammiksi. Kerätyn datan perusteella ymmärretään paremmin, miten erilaiset toimet vaikuttavat energiankulutukseen. Tällä tavalla voidaan tutkia esimerkiksi erilaisten energiansäästötoimenpiteiden tuloksia. Tällaisella järjestelmällä voidaan myös määrittää, milloin laitteet voivat käyttää sähköä. Tällöin esimerkiksi ei-kriittisten tehtävien energiankulutusta on mahdollista rajoittaa. Esimerkiksi silloin, kun sähkön kysyntä on vähäistä, on se käyttäjälleen edullisempaa ja tällä tavoin järjestelmällä voidaan auttaa jakamaan yhteisön energiankulutusta tasaisemmin. [16].

3.4 SaaS

Software-as-a-Service (SaaS) edustaa pilvipohjaista palvelumallia, jossa ohjelmistot ovat saatavilla käyttäjille palveluina internetin välityksellä. Tämä lähestymistapa mahdollistaa ohjelmistojen käytön ilman tarvetta niiden asennukselle yksittäisen organisaation palvelimilla. Tällaiset sovellukset ovat käytettävissä verkkoselaimen kautta, ja niiden päivitys sekä ylläpito hoidetaan palveluntarjoajan puolelta. Liitteessä 2 on hahmoteltu termien Software-, Platform-, ja Infrastructure-as a-Service -rakenteesta. SaaS-palveluiden käyttöön liittyy tyypillisesti kuukausittainen tilausmaksu. [17.]

SaaS-ratkaisuun perustuvat energianhallintaohjelmat tarjoavat keskitetyn alustan energiankulutuksen monitorointiin, raportointiin ja analysointiin. Nämä ohjelmistot ovat käytettävissä pilvipohjaisesti, mikä tukee reaaliaikaista energian seurantaa, historiallisen datan analysointia ja energiatehokkuuden tarkkailua.

3.5 Power BI

Power BI (Business Intelligence) on Microsoftin luoma prosessi, joka käyttää työkaluja datan keräämiseen, analysointiin, visualisointiin ja päätöksentekoon strategisten ratkaisujen saavuttamiseksi. BI-työkalut keräävät rakenteellisen ja rakenteettoman datan useista lähteistä, analysoivat sitä löytääkseen trendejä ja poikkeamia, visualisoivat löydökset helposti ymmärrettävään muotoon ja mahdollistavat reaaliaikaisen toiminnan perustuen näihin hahmotelmiin. Tämän prosessin kerrotaan parantavan yrityksen tehokkuutta ja auttaa ymmärtämään asiakaskäyttäytymistä, mahdollistaa myynnin ja markkinoinnin suorituskykyyn seuraamisen, sekä reaaliaikaiset hälytykset poikkeavuuksien ja asiakasongelmien osalta.

Business Intelligence parantaa työn suorittamista useilla keskeisillä alueilla, kuten asiakaskokemus, myynti ja markkinointi, toiminta, talous, varastonhallinta sekä turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus. BI-työkalujen käyttö on laajentunut data-analyytikoista ja IT-käyttäjistä koko organisaation käyttöön, mukaan lukien johtajat ja toimintatiimit. [33].

4 ENERGIAN SEURANNASTA JA OPTIMOINNISTA

4.1 Energian seuranta ja optimointi

Säännöllinen energiakulutuksen seuranta on tärkeää, jotta voimme ymmärtää, mistä kulutus koostuu, ja tehdä tarvittavia muutoksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Kulutuksen seuranta auttaa havaitsemaan muutoksia kulutusdatassa. Esimerkiksi energiankulutuksen äkillinen lisääntyminen voi johtua laiterikosta tai väärästä asetuksesta. [19].

Motivan mukaan etenkin vanhoissa sähkölämmitteisissä kiinteistöissä suurin osa energiasta kuluu lämmitykseen. Sähkönkulutuksen jakautumisen selvittäminen on tärkeää energiansäästötoimenpiteiden suunnittelussa. Alamittareiden asentamista voi käyttää tarkan tuloksen saamiseksi. [18].

Rakennuksen energiankäytön optimointiin vaikuttavat myös sen asianmukainen käyttö ja ylläpito sekä ammattitaitoinen ja motivoitunut kiinteistönhoidon toimihenkilöstö. Myös rakennuksen käyttäjät voivat vaikuttaa energiakulutukseen omilla toimillaan. [18 ; 19].

Energiatehokkuuden optimointi rakennuksissa edellyttää perusteellista energiakulutuksen seuranta, ja usein mittarointi menee tällöin tavallisia päämittauksia syvemmälle. Näiden tietojen saamiseksi tarvitaan hienojakoisempaa energiamittausta esimerkiksi alamittauksilla. [18].

4.2 Alamittaukset

Alamittarointi tarkoittaa energiakulutuksen tarkempaa mittausta kiinteistön eri osa-alueilla, kuten lämmityksen, jäähdytyksen, valaistuksen ja erityisesti laitekohtaisen energiakulutuksen seurannassa. Alamittauksilla voidaan tunnistaa energiatehokkuuden pullonkauloja ja täten myös optimoida energiankäyttöä. Esimerkkinä perustelluille alamittauksille on esimerkiksi liikerakennukset, joissa vuokralaisten sähkönkulutus alamittaroidaan, tai asuinkerrostalon ilmanvaihdon ja mahdollisten hissien osuus eroteltuna kiinteistösähköstä. Vaikka alamittaroinnilla on selviä etuja, sen laaja käyttöönotto vaatii merkittäviä investointeja mittausinfrastruktuuriin ja tiedonhallintaan.

4.3 Dashboardit

Dashboardit esittävät dataa yhdessä paikassa ja visuaalisesti ymmärrettävässä muodossa. Ne suunnitellaan tarjoamaan selkeitä ja kattavia yleiskuvia datasta ja auttamaan päätöksenteossa esittämällä tärkeitä mittareita, kuten esimerkiksi energiankulutusta tietyllä ajanjaksolla.

Dashboardit ovat tietopankkeja, jotka kokoavat ja esittävät erilaisia datalähteitä yhdellä näytöllä. Ne voivat olla hyvin mukautettavissa ja sisältää monenlaisia tietoja, kuten asiakasmittareita, taloudellisia tietoja, myyntitietoja, verkkoliikenteen analytiikkaa, logistiikka ja tuotantotietoja, henkilöstöresursseja, ja paljon muuta.

Toisin kuin perinteiset raportit, jotka keskittyvät yksityiskohtaisesti yhteen tietojoukkoon tai tapahtumaan, dashboardit tarjoavat laaja-alaisen näkymän suuriin tietomääriin. Ne on suunniteltu vastaamaan monenlaisiin kysymyksiin, kuten "kuinka paljon hiilidioksidipäästöjä tuotettiin tällä viikolla?" tai "mistä energiankulutuksemme koostui kuukauden ajanjaksolla?". [32].

4.4 Esimerkki valaistuksen optimoinnista

Ympäristöhallinnan standardin ISO-9001 mukainen PDCA (Plan-Do-Check-Act) prosessimallin käyttö, jota on siteerattu ISO-50001 energiatehokkuusstandardissa, on tehokas tapa kehittää ja parantaa energiankäytön optimointia kiinteistöissä. Tällä esimerkillä pyrin esittämään mallin toimintatapaa valaistuksen optimoinnin yhteydessä.

Ensimmäisessä vaiheessa, suunnittelussa, kiinteistöön asennetaan valaistuksen alamittarointi keräämään tietoa valaistuksen energiankulutuksesta eri alueilla rakennuksessa. Tätä tietoa analysoidaan ja käytetään suunnitellessa parannuksia energiankäytössä.

Toteutusvaiheessa otetaan käyttöön energianhallintajärjestelmä, joka analysoi mittarointijärjestelmän tuottaman tiedon. Järjestelmä auttaa tunnistamaan missä ja milloin valaistuksen käyttö ei ole optimaalisinta.

Toimenpiteiden jälkeen, siirrytään tarkistusvaiheeseen, jossa analysoidaan energianhallintajärjestelmän tuottamat tulokset ja verrataan niitä alussa asetettuihin tavoitteisiin. Tämä voi sisältää esimerkiksi toteamisen, että suurin energiansäästö saadaan käyttämällä liiketunnistimia ja ajastimia.

Viimeisessä vaiheessa, toiminnassa, tehokkuustoimenpiteet toteutetaan käytännössä. Tämä voi tarkoittaa liiketunnistimien ja ajastimien asennusta erityisesti niihin tiloihin, joissa valaistuksen energiankulutus on todettu

korkeimmaksi. Samalla suunnitellaan ja toteutetaan jatkuvaa seuranta ja analysointia tulevaisuuden optimointia varten.

PDCA-malli itsessään on iteroiva toimenpide. Kun toimenpiteet on toteutettu, prosessi käynnistetään uudestaan. Suunnitteluvaiheessa analysoidaan uudelleen energiankäyttöä ja etsitään lisää mahdollisuuksia energian optimointiin. Koko prosessi auttaa organisaatioita jatkuvasti parantamaan energiatehokkuuttaan ja saavuttamaan energiatehokkuustavoitteensa.

Esimerkin perusteella voidaan hahmottaa, että energiamittarointijärjestelmän ja energianhallintajärjestelmän yhdistetty käyttö on tehokas tapa parantaa kiinteistön valaistuksen energiatehokkuutta.

5 ENERGIAMITTAROINTI JA HALLINTAJÄRJESTELMIÄ TARJOAVAT YRITYKSET

Energianhallintajärjestelmää voitaisiin sanoa siis energiamittarointijärjestelmää laajemmaksi järjestelmäksi, joka ei ainoastaan kerää ja analysoi energiadataa, vaan mahdollistaa energian aktiivisen hallinnan. Tällaiset järjestelmät voivat esimerkiksi optimoida energiankulutusta ajastamalla laitteiden käyttöä ruuhkahuippujen ulkopuolelle, tai ohjaamalla energiaa siellä, missä sitä tarvitaan eniten. Tämä voi sisältää kaiken turvallisuudesta ja valaistuksesta HVAC-järjestelmiin (lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi) ja muihin energiankulutusta sääteleviin toimintoihin. Energianhallintajärjestelmään voi myös integroida energiamittarointijärjestelmän tiedot, jotta kiinteistön omistajat tai ylläpitäjät voivat seurata ja optimoida omaa energiankulutustaan.

Tässä osiossa perehdytään Suomessa toimiviin yrityksiin tarjoamiin energiamittarointijärjestelmiin ja oheispalveluihin.

5.1 Schneider Electric

Schneider Electric on maailmanlaajuinen johtava energianhallinnan ja automaation asiantuntija. Yhtiö tarjoaa laajan valikoiman tuotteita ja palveluita, jotka auttavat kiinteistöjen omistajia ja hallinnoijia seuraamaan, hallitsemaan ja optimoimaan kiinteistöjensä energiankulutustaan. Se tarjoaa omat mittalaitteet omien energiamittarointi ja hallintajärjestelmien tueksi.

5.1.1 EcoStruxure Building Operation

Schneider kertoo Ecostruxure Building Operationin (EBO) toimivan Schneiderin kiinteistönhallintajärjestelmänä, joka toimii avoimena integrointialustana. Se mahdollistaa tietojen turvallisen siirron niin Schneider Electricin omista, kuin myös kolmansien osapuolten järjestelmistä, kattaen laajan kirjon toimintoja energianhallinnasta ja valaistuksesta aina LVI-, palo- ja turvallisuusratkaisuihin, sähköautojen latauspisteiden hallintaan, sekä uusiutuvien energialähteiden datan käsittelyyn. [20].

5.1.2 Ecostruxure Power Monitoring Expert

EcoStruxure Power Monitoring Expert (PME) on energianhallintajärjestelmä, joka on Schneider Electricin mukaan suunniteltu tukemaan sellaisia laitoksia, jotka ovat riippuvaisia sähkön toimitusvarmuudesta ja joissa energiankulutus on merkittävää. Sen tavoitteena on auttaa organisaatioita parantamaan niiden

toiminnan tehokkuutta ja käyttöaikaa. Liitteessä 3 on määritelty PME järjestelmän arkkitehtuuria. [21].

Power Monitoring Expertin Web-alusta sisältää muun muassa dashboardit, diagrammit, trendit, hälytykset, sekä raportoinnin.

5.1.3 EcoStruxure Power Advisor

Power Advisor on pilvipohjaisesti toimiva analytiikkasovellus, joka hyödyntää dataa Schneider Electricin Power Monitoring Expert (PME) tai Power SCADA Operation (PSO) -järjestelmistä. Schneider kertoo sovelluksen käyttävän tekoälyä ja koneoppimista havaitsemaan, diagnosoimaan ja lajittelemaan sähköisten laitteiden ja järjestelmien suorituskykyyn liittyviä ongelmia. Tämä edistää järjestelmän toimintavarmuutta ja saatavuutta, tukee korkean energiatehokkuuden säilyttämistä ja auttaa alentamaan käyttökustannuksia. [22].

5.1.4 Ecostruxure Building Advisor

Building Advisor on pilvipalvelu, joka keskittyy jatkuvaan seurantaan ja analyysiin rakennusten lämmitys-, ilmastointi- ja energianhallintajärjestelmistä. Schneiderin mukaan palvelu hankkii ja erittelee tietoa rakennusautomaatiojärjestelmistä, ja tarjoaa suosituksia tehokkuuden parantamiseksi. Pyrkimyksenä on lisätä rakennuksen tehokkuutta, vähentää energiankäyttöä ja parantaa käyttäjien mukavuutta. Building Advisor myös auttaa tunnistamaan ja ratkaisemaan haasteet, jotka saattavat heikentää rakennuksen sisäilman laatua tai lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintaa.

Nämä työkalut ovat Schneiderin mukaan arvokkaita kiinteistönomistajille, jotka haluavat valvoa ja tehostaa energiankäyttöään, lisätä rakennuksen tehokkuutta ja vähentää ylläpidon kustannuksia. [23].

5.1.5 Ecostruxure Resource Advisor

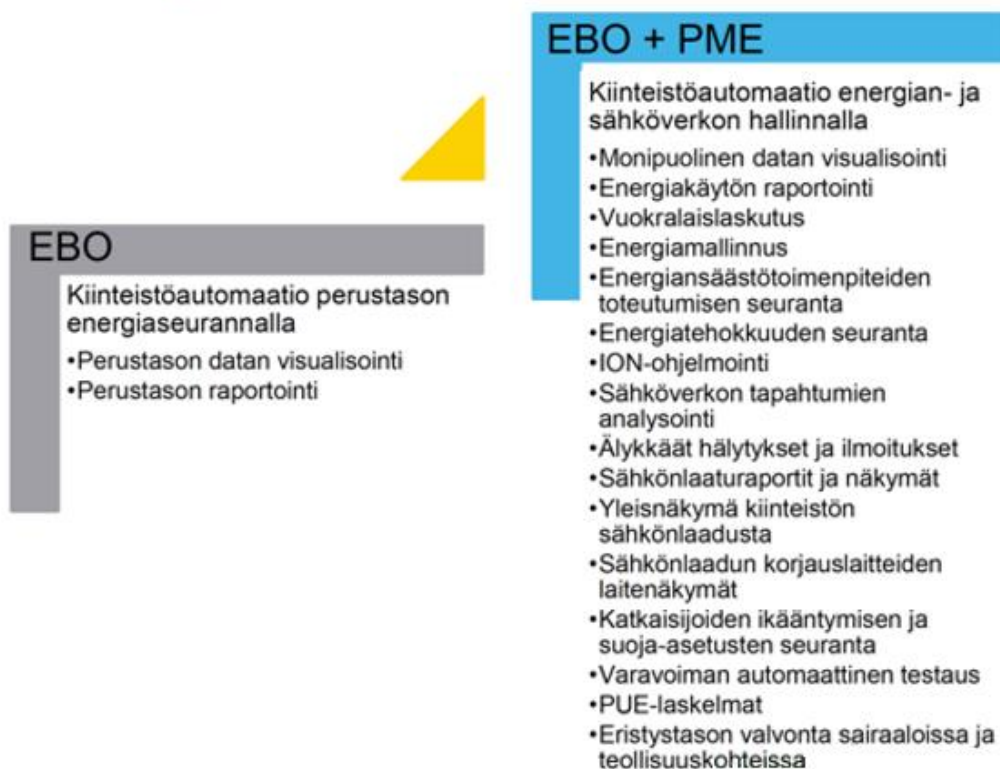
Schneider kertoo, että Resource Advisor yhdistää tekoälyllä tuotetun tiedon osana yrityksen toimintamallia. Tekoälyn käytön kerrotaan mahdollistavan yritysten hyödyntävän kerättyä dataa tehokkaammin, tarjoten syvällisempää analyysiä energian käytöstä ja kestävästä strategioista. Tämä energianhallintajärjestelmä kerää ja integroi yrityksen datan varmistaen sen luotettavuuden, jolloin yritys voi luottaa tiedon paikkaansapitävyyteen ja tehdä päätöksiä itsevarmasti. [31].

5.1.6 Järjestelmien yhteiskäyttö

Schneider Electricin EcoStruxure-alusta tarjoaa useita työkaluja ja palveluita, jotka on suunniteltu toimimaan yhdessä infrastruktuurin ja energian hallintajärjestelmän tarjoamiseksi. Kuitenkin, kun PME ja EBO yhdistetään pilvipohjaisten Power Advisor- ja Building Advisor -analyysipalveluiden kanssa, voidaan saavuttaa entistä syvempi taso datan analysoinnissa ja optimoinnissa.

EBO:n ja Power Monitoring Expertin yhteiskäyttö täyttää ISO 50001 sertifikaatin vaatimukset kiinteistön energianhallinnalle. Järjestelmät Täyttävät myös IEC 62443 kyberturvastandardin vaatimukset. Kuvan 4 ominaisuusvertailun avulla voidaan havaita, miten paljon EBO ja PME täydentävät toisiaan.

EBO:n ja PME:n ominaisuusvertailu



Kuva 4. EBO:n ja PME:n ominaisuusvertailu.

5.2 Granlund Manager

Granlund Manager on älykäs kiinteistöjohtamisen ohjelmisto, joka tarjoaa dynaamiset ja räätälöivät raportointityökalut kiinteistön energiankulutuksen ja ylläpitotoimintojen reaaliaikaiseen seurantaan. Tämän lisäksi se tarjoaa Microsoftin Power BI -teknologiaan perustuvan dynaamisen KPI-raportoinnin. Se on ISO 14001 -sertifikaatin mukainen ympäristönhallintajärjestelmä, joka on suunniteltu kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisesti.

Granlund Manageria käytetään monipuolisesti eri tarkoituksiin, kuten kiinteistöjohtamiseen, investointien, tavoitteiden ja kustannusten seurantaan sekä erilaisten sertifikaattien vaatimusten täyttämiseen eri toimialoilla ja erilaisissa kohteissa. Ohjelmistossa voidaan mukauttaa eri käyttäjille erilaisia toiminnallisuuksia, mikä tekee siitä joustavan työkalun eri käyttäjärooleille, kuten palveluntuottajille, kiinteistönomistajille ja kiinteistönhoitajille.

Granlund Manager on pilvipohjainen SaaS-palvelu, jota päivitetään kuukausittain. Ohjelmistoa voidaan käyttää sekä mobiilisovelluksessa että selaimessa, mikä mahdollistaa sen käytön missä tahansa. Lisäksi ohjelmiston avulla rekisteröimättömät käyttäjät, kuten vuokralaiset, voivat tehdä palvelupyynnöjä käyttämällä QR-koodia.

Granlund Manager sisältää myös ominaisuuksia, jotka mahdollistavat kiinteistön energiankulutuksen seurannan, hallinnan ja optimoinnin. Ohjelmisto mahdollistaa myös omien sähköntuotantomittareiden CO₂-päästökertoimien asettamisen, jolloin voidaan seurata esimerkiksi aurinkosähkön päästöjen vähennystä. Lisäksi se mahdollistaa ostetun vihreän energian CO₂-päästökertoimen asettamisen, jos energiayhtiö on ilmoittanut sellaisen. Näin voidaan seurata energiansäästötoimenpiteiden vaikutusta sekä ympäristöön että kustannuksiin. Energiamittatietojen reaaliaikainen kerääminen ja tuntitasoinen etäluenta ovat Granlundin mukaan mahdollisia Granlund Manager -ohjelmistolla. [15 ; 24 ; 25].

5.2.1 BI-raportointiominaisuus

Viimeaikaisena kehityksenä Granlund esittelee dynaamiseksi ominaisuudeksi Business Intelligence (BI) -raportoinnin, joka yhdistää dataa käyttäjien tarpeiden mukaan. Tämä on Granlundin mukaan merkittävä päivitys Granlund Managerin raportointijärjestelmässä. Työkalu on suunniteltu olemaan joustava ja dynaaminen, ja sillä on ainutlaatuinen kyky nopeasti yhdistää tietoa käyttäjien vaatimusten mukaisesti. Työkalun ydin korostaa mukautuvien ja reagoivien BI-työkalujen kasvavaa merkitystä ja tarvetta nykypäivän datavetoisessa ympäristössä. [26].

5.3 EG EnerKey ja SEMS

EG A/S, Tanskasta kotoisin oleva yritys, omistaa EG EnerKeyn. EG on Pohjoismaiden alueella tunnettu ohjelmistopalveluiden tarjoaja, joka keskittyy erityisesti alakohtaisiin standardeihin niin julkisella kuin yksityiselläkin sektorilla. EG:n kehittää SaaS-ratkaisuja tukien liiketoiminnallisesti olennaisia ja hallinnollisia prosesseja. Yrityksen henkilöstömäärä on yli 1500, joista suurin osa työskentelee Pohjoismaissa. EG:n liikevaihto vuonna 2020 oli 1,4 miljardia Tanskan kruunua.

EnerKeyn Sustainability & Energy Management System (SEMS) on yksi Pohjoismaiden johtavista pilvipohjaisista SaaS-ratkaisuista, joka on suunniteltu yritysten resurssidatan, energiankulutuksen ja kestävyys hallintaan. Järjestelmällä on ISO 50001 ja ISO 14001 sertifikaatit. Kestävyyteen liittyviä ominaisuuksia ovat muun muassa päästöraportointi, jätehuollon raportointi, liikennepolttoaineiden seuranta sekä sisäilman laadun seuranta. EnerKey SEMS-järjestelmää käyttää yli 1500 asiakasta. EnerKey kertoo hallinnoivansa yli 140 000 mittauspisteen tuottamaa resurssidataa yli 20 000 kiinteistössä. [27].

EnerKeyn mukaan Sustainability & Energy Management System (SEMS) järjestelmä on asiakasportaali, joka koostuu eri palveluista ja mukautuu asiakkaan ja käyttäjän mukaan. Tämä tarkoittaa, että järjestelmä on joustava ja voidaan räätälöidä vastaamaan eri asiakkaiden ja käyttäjien tarpeita.

Esimerkkinä EnerKey havainnoi, miten heidän ”Kohteet”-palvelussa kulutustiedot on koottu yhteen järjestelmään. Palveluun voidaan EnerKeyn mukaan liittää esimerkiksi sähkön, käyttöveden ja kaukolämmön kulutuksen etäluenta ja raportointi. EnerKey-järjestelmään voidaan myös tallentaa tietoa manuaalisesti tai tiedonsiirtorajapintojen kautta.

EnerKeyn SEMS-ohjeen mukaan portaalin eri osa-alueet ja niiden tiedot näkyvät sovitun laajuuden mukaan asiakaskohtaisesti. Tämä tarkoittaa, että asiakkaat voivat valita nähtäväksi vain ne tiedot, jotka ovat heille relevantteja. Lisäksi palvelun ominaisuuksia voidaan avata tai rajata tarkemmin myös käyttäjäkohtaisesti tarkoittaen, että eri käyttäjät voivat käyttää portaalia eri tavoin riippuen heidän roolistaan ja tarpeistaan. [28].

5.3.1 EG Ines

EG IneS on Enerkeyn mukaan älykäs energian- ja kulutuksen hallintatyökalu, joka tarjoaa digitaalista energianhallintaa sekä energian optimoinnin. Se käyttää tekoälyä löytääkseen mahdollisuudet energian säästämiseen ja hiilijalanjäljen pienentämiseen. EnerKey kertoo, että EG IneS tunnistaa automaattisesti energian optimoinnin potentiaalin ja hiilipäästöjen vähentämisen nykyisen

kulutustiedon perusteella. Sen avulla kulutuspoikkeamiin voidaan reagoida nopeammin ja tehokkaammin.

EG IneS tarjoaa vapauttaa EnerKeyn mukaan aikaa analysoinnista toimintaan. Se automatisoi ja päivittää manuaalisen analyysityön, joka yleensä suoritetaan energianeuvonantajien toimesta. EG IneS tunnistaa nopeasti ja jatkuvasti potentiaalin taloudellisille säästöille ja hiilipäästöjen vähentämiselle. Enerkey sanoo sen käyttävän asiakkaan omia kulutustietojaan ja antaa erityisiä ehdotuksia optimointiin, jolloin voidaan nähdä, mitkä investoinnit tuottavat eniten arvoa taloudellisesti sekä ympäristöllisesti. EG IneS-palvelun mainitaan tukevan jatkuvia energianparannustoimia, jonka avulla voi nopeasti korjata virheet ja saada välittömiä tuloksia reaaliaikaisen datan perusteella sen sijaan, että suunnitelmia toteutettaisiin historiallisen datan perusteella.

EG IneS (Intelligence for sustainability and energy management) palvelun mainitaan tarjoavan erilaisia moduuleja, jotka keskittyvät tiettyihin energiankulutuksen näkökohtiin. Esimerkkinä:

EG IneS Ventilationin sanotaan ehdottavan sopivia aikatauluja ilmanvaihdolle kussakin tilassa. EnerKeyn mukaan se pystyy tunnistamaan käyttöajat vesitiedoista ja analysoimaan ilmanvaihdon päälle/pois -tunteja energiatiedoista. Jos ilmanvaihdon ajoissa on jotain optimoitavaa, energian, kustannusten ja CO₂-säästöt voidaan laskea ja visualisoida automaattisesti.

EG IneS Heating Consumption jakaa EnerKeyn mukaan lämmitysenergian kolmeen osaan: veden lämmitys, ilmanvaihdon lämmitys ja peruskuorma. IneS palvelun kerrotaan tarkistavan, ovatko kunkin osan tasot oikealla tasolla verrattuna samankaltaisiin rakennuksiin. Poikkeuksellisissa arvoissa IneS kertoo todennäköisimmän syyn tähän ja miten tilanne voidaan korjata.

EG Ines Heating Powerista mainitaan sen analysoivan ja vertaavan rakennuksen lämmityksenasetuspistettä ja maksimitehoa nimellisessä ulkolämpötilassa. Se tarkistaa myös, onko kaukolämmitysveden jäähdytys oikealla tasolla eri ulkolämpötiloissa. EnerKey kertoo, että kaukolämmitysveden virtausta analysoidaan ja poikkeamat vesivirrassa voidaan osoittaa.

EG Ines Benchmarking ominaisuuden kerrotaan vertaavan älykkäästi energiankulutusta ja energiankulutuksen avainlukuja samankaltaisiin rakennuksiin koko EnerKey-tietokannassa, joka käsittää yli 20 000 tilaa. Ominaisuuden sanotaan voivan tunnistaa rakennukset, jotka eivät ole optimoitu niin hyvin verrattuna muihin samankaltaisiin rakennuksiin, ja selvittää todennäköiset syyt tällaiseen käyttäytymiseen. [29].

5.4 Mittrix Oy

Mittrix Oy on vuonna 1973 perustettu suomalainen yritys, joka valmistaa ja markkinoi energiamittauslaitteita. Mittrixin tuotanto sijaitsee Valkeakoskella ja heillä on korkea tuotannon automaatio sekä kehittyneet tuotekohtaiset testausprosessit, jotka varmistavat tuotteiden korkean laadun.

Yritys on kotimainen toimija, jolla on oma tuotantolinja sekä kalibrointi- ja koestuslaitteet. He tekevät myös kotimaista tuotesuunnittelua.

Mittrix on kehittänyt MX Axon -mittausohjelmiston, jonka avulla asiakas kykenee seuraamaan omaa energiankäyttöään. Ohjelmisto tarjoaa työkaluja energian käytön seurantaan ja hallintaan, ja se kerää tietoa reaaliaikaisesti ja jatkuvasti .[30].

5.5 Quentic GmbH

Matihaldi Tiinan toteuttaman tutkimuksen haastattelun mukaan, joka toteutettiin 13.9.2021 Quentic GmbH tarjoaa modulaarisen Quentic ohjelmiston, joka auttaa yrityksiä hallitsemaan työsuojelu- ja ympäristönsuojeluvaatimuksia sekä energianhallintaa ja kestävän kehityksen johtamista. Ohjelmisto tarjoaa erilaisia toimintoja prosessien dokumentointiin, analysointiin ja ohjaukseen ja se on käytettävissä sekä selaimessa, että mobiilissa Quentic App sovelluksen kautta. Quenticin ohjelmisto on auditoitu ja virallisesti tarkistettu ISO 14001 ja ISO 50001 standardeja noudattaen. Tieto ohjelmaan syötetään joko manuaalisesti tai suoraan älymittareista tai tietokannasta.

Quenticin ympäristömoduuli mahdollistaa erilaisten resurssien, kuten sähköenergian, maakaasun ja veden kulutustietojen visualisoinnin. Kestävän kehityksen moduuli puolestaan mahdollistaa tarkempien indikaattorien asettamisen vastuullisen toiminnan seuraamiseksi. Asiakkaat voivat itse määrittää visualisoinnin ulkonäön ja valita esimerkiksi erilaisia kaaviotyyppejä. Haastattelun mukaan Quenticin käytön hyötyjä ovat muun muassa merkittävä ajansäästö raportoinnissa, tavoitteiden asettaminen ja edistymisen seuraaminen, säästöjen saaminen ja kehityskohteiden löytäminen sekä vaatimustenmukainen ja uskottava ympäristöjohtaminen. [15].

6 TUTKIMUSMENETELMÄ

6.1 Määrällinen kyselytutkimus

Määrällisen kyselytutkimuksen tavoitteena oli kerätä kvantitatiivista tietoa, joka voitaisiin muuntaa numeeriseksi dataksi tilastollista analyysia varten. Tämä menetelmä valittiin, koska se mahdollistaa laajan tietomäärän keräämisen ja auttaa ymmärtämään laajempia suuntauksia energiamittarointijärjestelmien käytössä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli analysoida eri organisaatioiden toimihenkilöstön tapoja mitata ja seurata oman organisaationsa kiinteistöistä kerättävää energiadataa ja selvittää käytössä olevien kolmansien osapuolien energiamittarointijärjestelmien käyttötarkoituksia ja ominaisuuksia. Tutkimuksen avulla pyrittiin myös selvittämään suomessa toimivia energiamittarointijärjestelmiä tarjoavia yrityksiä.

Tutkimus toteutettiin Webropol palvelua käyttäen, johon vastattiin anonyymisti.

Kyselytutkimus koostui seuraavista aiheista:

1. Vastanneen henkilön rooli organisaatiossa, kiinteistöjen lukumäärä, joiden parissa kyselyyn vastaava henkilö toimii, kiinteistöjen ensisijainen maakunta.
2. Kiinteistöistä kerättävät mittatiedot, energiadatan seurannan säännöllisyys, ja energian optimoinnin toteutus energiadatan seurannan perusteella.
3. Energian alamittaroinnin toteutus organisaatiossa, sen tarve ja potentiaali
4. Energiamittarointijärjestelmät ja seurantapalvelut, joita kyselyyn vastaava henkilö käyttää organisaatiossaan. Kyseisten palveluiden käyttötarkoitukset, ongelmat ja toiveet.

6.2 Otot ja kohderyhmä

Tutkimus toteutettiin Webpropol palvelua käyttäen, johon vastattiin anonymisesti. Kyselyyn vastanneiden määrä jäi kuitenkin pieneksi, eikä tutkimuksella voida tehdä vakavasti tietoon perustuvaa analyysiä. Alkuperäisestä n. 60 henkilön otoksesta tutkimukseen vastasi vain 14 henkilöä, jotka koostuivat kiinteistöpäälliköistä, talous tai hallintohenkilöistä, teknisistä johtajista, huoltohenkilöistä ja asiantuntijoista ympäri suomea. Tutkimukseen osallistuvat henkilöt valittiin suurimmaksi osaksi Schneider Electricin ulkoisesta sidosryhmäverkostosta.

6.3 Tulokset ja analysointi

6.3.1 Energiadatan mittaaminen

Käyttäjät ilmoittivat keräävänsä energiadataa omien mittalaitteiden ja manuaalisen seurannan lisäksi kolmannen osapuolen mittarointijärjestelmien ja palveluiden avulla. Lisäksi energiadataa kerättiin energiantoimittajien kulutustietojen perusteella, sekä kiinteistön omilla mittarointi ja raportointijärjestelmillä, joista erikseen oltiin mainittu mm. Enegia, Fatman, Mitrix ja PME. Enegialla tarkoitetaan yritystä EnerKey.

	n	Prosentti
Manuaalinen seuranta (Lukemat kerätään mittalaitteilta paikanpäällä)	11	78,6%
Omat mittalaitteet (Esim. sähkö-, kaasu-, vesi- ja lämpötilamittarit)	11	78,6%
Kolmannen osapuolen omistamat mittalaitteet	5	35,7%
Kolmannen osapuolen energiamittarointijärjestelmät ja palvelut	8	57,1%
Etäluettavat mittalaitteet	9	64,3%
Energiantoimittajien kulutustiedot (esim. laskut)	8	57,1%
Muu, Mikä?	1	7,1%
Kiinteistön oma mittarointi / raportointijärjestelmä, Mikä?	5	35,7%

Lisätekstikenttään annetut vastaukset

Näytä kaikki

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Muu, Mikä?	RAU järjestelmä
Kiinteistön oma mittarointi / raportointijärjestelmä, Mikä?	Enegia, Fatman
Kiinteistön oma mittarointi / raportointijärjestelmä, Mikä?	Mitrix, PME

Kuva 5. Miten mittatietoja kerätään kiinteistöistänne? Tutkimuskysymys.

Huomataan, että mittalaitteilta käydään nykyäänkin paikanpäällä keräämässä haluttu mittaustieto. Yritysten keskuudessa etäluettavien mittalaitteiden käyttö

ei ole ainakaan vielä yleistynyt siihen pisteeseen, että sillä oltaisiin korvattu käyttäjän suorittama mittalaitteiden manuaalinen seuranta.

Vastaavat henkilöt keräsivät myös energiantoimittajien tarjoamia energiatietoja. Energiantoimittajat tarjoavat yleisesti sähkön, kaasun tai lämmönkulutuksen kulutuksen lisäksi energian hintatietoja, alkuperää ja tuotantotapaa.

Vastaajat olivat hankkineet myös kolmannen osapuolen tarjoamia järjestelmiä yrityksen omistukseen. Tämä mahdollistaa tiedon kulun siten, ettei yrityksen oma energiadata liiku välttämättä energianhallinnan palvelun tarjoajan kautta. Tällä tavalla yritys voi salata paremmin omista kiinteistöistään kerättyä dataa.

6.3.2 Energiadatan seuraaminen

Vastaajista kaikki ilmoittivat seuraavansa kiinteistöjen energiadataa säännöllisesti. Kiinteistön mitattavista ominaisuuksista kokonaissähkönkulutusta, lämmön ja vedenkulutusta seurattiin eniten. Kiinteistön kokonaisenergiankulutusta seurasi 70% vastanneista. Seuraavana tulivat jäähdytyksen energiankulutus, sähkön alamittausten ja rakennuksen energiankustannusten seuranta. Liitteessä 4 on visuaalisesti esitetty vastanneiden aktiivisuus kiinteistön energiadatan seurannalle.

	n	Prosentti
Kiinteistön kokonaisenergiankulutus (MWh, TWh)	9	69,2%
Kokonaissähkönkulutus (kWh)	13	100,0%
Sähkön alamittaukset (Esim. Sähkönkäytön mittausta kiinteistön eri toimitiloista)	5	38,5%
Jäähdytysenergiankulutus (esim. Kaukokylmä, tai vedenjäähdytyskoneiden tuottama jäähdytysenergia)	5	38,5%
Lämmönkulutus (esim. kaukolämpö, kiinteistön päälämmönlähteen tuottama energia (kWh tai MWh))	12	92,3%
Veden kulutus (m ³)	11	84,6%
Hukkalämmön talteenoton energia	1	7,7%
Rakennuksen energiantuotanto (kWh)	1	7,7%
Rakennuksen energiakustannukset (c/kWh)	4	30,8%
Muita mitattavia ominaisuuksia (Mitä?)	1	7,7%
Ei mitata	0	0,0%

Kuva 6. Mitä kiinteistön mitattavia ominaisuuksia seuraat säännöllisesti?

Hukkalämmön talteenoton energiaa tai rakennuksen omaa energiantuotantoa ei seurattu paljon verrattuna muihin kyselyn tarjoamiin vaihtoehtoihin. On mahdollista että hukkalämmön talteenotto voi käsitteenä olla vieras käyttäjälle, tai hukkalämmön talteenoton soveltaminen on käytännössä haastavaa toteuttaa. Rakennusten energiantuotannon osalta voidaan olettaa, ettei kyselyyn osallistuneiden kiinteistöissä tuoteta energiaa.

6.3.3 Energiadatan perusteella toteutettu optimointi

Vastanneista kaikki olivat toteuttaneet tai suunnitelleet säästötoimenpiteitä kiinteistöistä kerättyjen energiatietojen perusteella. Energiadatan pohjalta eniten tehtyjä tai suunniteltuja energiansäästötoimenpiteitä oli lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien säätö, valaistuksen uusiminen LED-valaisimiin ja ohjaus, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien tehostaminen. Lämmöntalteenottoa, kulutuspiikkien poikkeamien pienentämistä, laitteiden energian-, ja vedenkulutuksen optimointia suunnitteli tai toteutti puolet vastanneista.

	n	Prosentti
Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien säätö	13	100,0%
Valaistuksen uusiminen	11	84,6%
Valaistuksen ohjaus	11	84,6%
Lämmön talteenotto	8	61,5%
Kulutuspiikkien ja poikkeamien pienentäminen	6	46,2%
Laitteiden energiankulutuksen optimointi	7	53,8%
Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien tehostaminen	11	84,6%
Vedenkulutuksen optimointi	7	53,8%
Kerro omin sanoin	1	7,7%

Lisätekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kerro omin sanoin	Fiksu vesi vedenkulutuksen seurantaan

Kuva 7. Millaisia toimenpiteitä olette suunnitelleet, tai toteuttaneet kerättyjen energiatietojen perusteella?. Tutkimuskysymys

Yleisimmät ja helpoimmat toimenpiteet energian optimoinnille ovat selkeästi lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien säätö, valaistuksen uusiminen ja/tai ohjaus, sekä ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmien tehostaminen. Oletetaan, että kulutuspiikkien ja poikkeamien pienentäminen, lämmöntalteenoton sekä kiinteistön erinäisten laitteiden energiankulutuksen optimointi voivat olla haasteellisempia ratkaisuja toteuttaa verrattuna helpompiin optimointiratkaisuihin. Tämä voi johtua siitä, ettei kyseistä optimointia osata suunnitella vähäisen mittadatan vuoksi kyseisillä osa-alueilla, tai kyseiset optimointiratkaisut eivät ole yksinkertaisesti niin kannattavia toteuttaa.

Energianseurannan analyysissä nähtiin, että lämmönkulutusta kuukausitasolla seurasi 62% vastanneista, mikä korreloi lämmön talteenottoa suunnittelevien, tai toteuttaneiden käyttäjien määrään. Tästä voidaan deduktoida, että tiettyä energiasuuretta aktiivisesti seuraavat osaavat myös suunnitella ja toteuttaa optimointia liittyen seurattavaan energiadataan.

Yrityksen Smartvatten vesitehokkuuspalveluita oli myös otettu käyttöön käyttäjälle. Tämä tarkoittaa vedenkulutuksen alamittarointia kiinteistön eri huoneistoissa ja sisältää yleensä säännöllistä vedenkulutuksen seuranta ja kulutusanalyysijä, kuukausiraportteja ja hälytyksiä. [34].

6.3.4 Energian alamittaukset

Energian alamittauksia oli toteutettu 80% vastanneiden organisaation kiinteistöissä. Kieltävän vastauksen antaneet kuitenkin ilmoittivat, että heidän mielestään olisi kannattavaa lisätä kiinteistöihin alamittauksia mm. lämmönjakoon, ilmanvaihtoon ja sulatusohjauksiin. Alamittauksia oli toteutettu valaistukseen, rakennuksien alueelliseen sähkönkulutukseen, LVI-laitteistoihin, kuin asiakassähköistykseen ja sulatuslämmityksiin.

Vastaukset
Y Eri rakennusosien kulutuksia ja esim. keittiölaitteiden kulutuksia.
Y LVI-laitteiden käyttämä sähköenergia. Pysäköintilaitosten käyttämä sähköenergia. Rakennuksissa olevat tilojen mittausalueet(yritystilat)
Y Sähköä, vettä
Y Talotekniikka, jäähdytyskone, mlp sähköenergia, asiakassähkö
Y Alueellisia kulutuksia, kauppa kiinteistöt
Y uudemmissa IV-koneet, sulatuslämmitykset, valaistus
Y Uimalakokonaisuuden KL-mittaukset eroteltu uimahallin ja maa-uimalan välillä. Lisäksi Jäähalleihin on tarkoitus tehdä vastaava ratkaisu.
Y Kiinteistön eri osien sähkönkulutusta, ulkovalaistusta.

Kuva 8. Mitä alamittaroinnilla mitataan kiinteistöissä? Tutkimuskysymys

Alamittarointia käytettiin siis syvällisemmän mittatiedon keräämiseen kiinteistön kokonaisuudessa. Yleisimmät alamittaukset liittyivät eri rakennusosien, sekä asiakkaiden kulutuksen erotteluun. Voidaan todeta, että alamittarointia toteuttavalla toimijalla on selkeä tarve erotella kulutussuureita kokonaisenergiasta syvemmälle. Alamittaukset ovat selkeästi nykypäivää ja mielestäni välttämättömiä esimerkiksi kauppakiinteistöissä, joissa on tarpeen erotella energian kulutustietoja eri toimitsijoiden välillä.

6.3.5 Energiamittarointijärjestelmät ja/tai seurantapalvelut

Vastaajista kahdeksan käytti Schneiderin tarjoamia energiamittarointijärjestelmiä ja/tai seurantapalvelua ja neljällä vastaajista oli käytössä Eg Enerkey. Kaksi kertoi käyttävänsä Fidelixin järjestelmiä, kaksi Mittrixin järjestelmiä ja kaksi henkilöä Granlundin tarjoamia järjestelmiä. Lisäksi yksittäiset henkilöt kertoivat käyttävän

Carlo Gavazzin ja Haahtelan mittarointijärjestelmää ja/tai seurantapalvelua.

	n	Prosentti
Schneider Electric	8	57,1%
Granlund	2	14,3%
Eg Enerkey	4	28,6%
Fidelix	2	14,3%
Honeywell	0	0,0%
Siemens	1	7,1%
Joku muu, mikä?	4	28,6%
Ei käytetä	2	14,3%

Lisätekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Joku muu, mikä?	Carlo Gavazzi
Joku muu, mikä?	Mittrix
Joku muu, mikä?	Mittrix
Joku muu, mikä?	haahtela

Kuva 9. Käyttökö jonkin yrityksen tarjoamaa energiamittarointijärjestelmää ja/tai seurantapalvelua? Tutkimuskysymys

Schneiderin järjestelmistä Building Operationia käytti seitsemän vastannutta, ja Power Monitoring Expert järjestelmää kolme. Huomataan, että kahdella vastanneella oli käytössään yhtäaikaista sekä EBO, että PME.

	n	Prosentti
Energiakustannusten säästö	2	50,0%
Laskutus	2	50,0%
Raportointi	3	75,0%
Kiinteistön automaation tilannevalvonta	1	25,0%
Järjestelmän etäkäyttö	0	0,0%
Laitteiston tehokkuuden parantaminen	2	50,0%
Energiankulutuksen seuranta	4	100,0%
Energiantuotannon seuranta	0	0,0%
Viranomaismääräysten noudattaminen	0	0,0%
Integraatio muihin järjestelmiin	0	0,0%
Huoltokirja	0	0,0%
Sähkönlaadun seuranta	0	0,0%
Sähköverkon seuranta	0	0,0%
Energianhallinta	2	50,0%
Katkaisijoiden kulumisen seuranta	0	0,0%
Muu (Mikä?)	0	0,0%

Kuva 10. Mihin käyttäte Schneider Electricin tarjoamaa järjestelmää?

Schneiderin järjestelmiä mainittiin käytettävän pääosin energiankulutuksen seurantaan. Neljäsosa kertoi käyttävänsä Schneiderin järjestelmiä energiakustannusten säästöön, raportointiin, energiantuotannon seurantaan ja energianhallintaan. Tuloksista on mahdollista havaita Schneiderin EBO:n

kiinteistön prosessien ohjauksen ja PME järjestelmän tarjoaman energianhallinnan täydentävän toisiaan.

Granlundin järjestelmiä käytettiin energiankulutuksen ja tuotannon seurantaan, raportointiin, sekä huoltokirjapalveluna. Vastausten määrä oli varsinkin tässä tapauksessa niin vähäinen, että ei voida hahmottaa Granlundin tarjoaman kokonaisuuden potentiaalia.

	n	Prosentti
Energiakustannusten säästö	1	33,3%
Laskutus	0	0,0%
Raportointi	1	33,3%
Kiinteistön automaation tilannevalvonta	0	0,0%
Järjestelmän etäkäyttö	0	0,0%
Laitteiston tehokkuuden parantaminen	1	33,3%
Energiankulutuksen seuranta	3	100,0%
Energiantuotannon seuranta	1	33,3%
Viranomaismääräysten noudattaminen	0	0,0%
Integraatio muihin järjestelmiin	0	0,0%
Huoltokirja	2	66,7%
Sähkönlaadun seuranta	0	0,0%
Sähköverkon seuranta	0	0,0%
Energianhallinta	0	0,0%
Katkaisijoiden kulumisen seuranta	0	0,0%
Muu (Mikä?)	0	0,0%

Kuva 11. Mihin käytätte Granlundin tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys

EnerKeyn tarjoamia järjestelmiä käytettiin energiankustannuksen säästöön, seurantaan, hallintaan ja raportointiin. Myös kiinteistön automaation tilannevalvontaa, järjestelmän etäkäyttöä, integraatiota muihin järjestelmiin, huoltokirjatoimintaa, sekä sähköverkon seurantaa oltiin toteutettu.

	n	Prosentti
Energiakustannusten säästö	3	75,0%
Laskutus	0	0,0%
Raportointi	3	75,0%
Kiinteistön automaation tilannevalvonta	1	25,0%
Järjestelmän etäkäyttö	1	25,0%
Laitteiston tehokkuuden parantaminen	2	50,0%
Energiankulutuksen seuranta	4	100,0%
Energiantuotannon seuranta	0	0,0%
Viranomaismääräysten noudattaminen	0	0,0%
Integraatio muihin järjestelmiin	1	25,0%
Huoltokirja	1	25,0%
Sähkönlaadun seuranta	0	0,0%
Sähköverkon seuranta	1	25,0%
Energianhallinta	3	75,0%
Katkaisijoiden kulumisen seuranta	0	0,0%
Muu (Mikä?)	0	0,0%

Kuva 12. Mihin käytätte EG Enerkeyn tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys.

Fidelixin järjestelmiä käytettiin kiinteistön automaation tilannevalvontaan, laitteiston tehokkuuksien parantamiseen, energiankulutuksen seurantaan, energiantuotannon seurantaan, sekä sen integraatitavuutta muihin järjestelmiin.

	n	Prosentti
Energiakustannusten säästö	0	0,0%
Laskutus	0	0,0%
Raportointi	0	0,0%
Kiinteistön automaation tilannevalvonta	1	50,0%
Järjestelmän etäkäyttö	1	50,0%
Laitteiston tehokkuuden parantaminen	1	50,0%
Energiankulutuksen seuranta	1	50,0%
Energiantuotannon seuranta	1	50,0%
Viranomaismääräysten noudattaminen	0	0,0%
Integraatio muihin järjestelmiin	1	50,0%
Huoltokirja	0	0,0%
Sähkönlaadun seuranta	0	0,0%
Sähköverkon seuranta	0	0,0%
Energianhallinta	0	0,0%
Katkaisijoiden kulumisen seuranta	0	0,0%
Muu (Mikä?)	0	0,0%

Kuva 13. Mihin käytätte Fidelixin tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys.

Mittrixin, Carlo Gavazzin ja Haahtelan palveluista kaikkia oli käytetty energiankulutuksen seurantaan.

	n	Prosentti
Energiakustannusten säästö	2	50,0%
Laskutus	2	50,0%
Raportointi	3	75,0%
Kiinteistön automaation tilannevalvonta	1	25,0%
Järjestelmän etäkäyttö	0	0,0%
Laitteiston tehokkuuden parantaminen	2	50,0%
Energiankulutuksen seuranta	4	100,0%
Energiantuotannon seuranta	0	0,0%
Viranomaismääräysten noudattaminen	0	0,0%
Integraatio muihin järjestelmiin	0	0,0%
Huoltokirja	0	0,0%
Sähkönlaadun seuranta	0	0,0%
Sähköverkon seuranta	0	0,0%
Energianhallinta	2	50,0%
Katkaisijoiden kulumisen seuranta	0	0,0%
Muu (Mikä?)	0	0,0%

Kuva 14. Mihin käytätte mainitsemanne jonkun muun yrityksen tarjoamaa järjestelmää? Tutkimuskysymys.

Huomataan, että tutkimuksessa ei oltu eroteltu, mitkä muut järjestelmät tarjoavat mitään palvelua, vaan ne oli jäsennelty samaan vastauskategoriaan. Tämä tarkoittaa ettei voida varmaksi sanoa, mitä järjestelmiä käytettiin raportointiin, energianhallintaan, laitteiston tehokkuuden parantamiseen,

laskutukseen ja energiakustannusten säästöihin. Mittrix kuitenkin kertoo järjestelmänsä taipuvan ainakin raportointiin.

6.3.6 Mittausjärjestelmien kehittäminen

Yleisellä tasolla käytössäoleviin mittaorintijärjestelmiin toivottiin helpompaa visuaalisen analysoinnin mahdollisuutta omilla parametreilla, jätteiden mahdollista seuranta kierrätyskumppanin tarjoaman datan avustuksella ja mahdollista tekoälyn lisäämistä järjestelmiin. Tutkimuksen perusteella ei konkreettisesti tiedetä, mistä järjestelmistä oli kyse minkäkin vastauksen takana.

	Vastaukset
Y	Helppo visuaalinen analysointi itse valittujen parametrien avulla
Y	Tekoäly
Y	vedenkulutus
Y	Jätteiden seuranta kierrätyskumppanin kautta.
Y	Kaikki mittarit etäluettaviksi, minkä lisäksi jokin energianhallinta ja -seurantajärjestelmä.

Kuva 15. Mitä haluaisitte lisäävän käytössäoleviin mittarointi ja/tai energiasurantajärjestelmiin ja palveluihin? Tutkimuskysymys.

6.4 Yritysten tarjoamien järjestelmien ja palveluiden vertailutaulukko

Työn perusteella toteutin omaan tietämykseeni perustuvan ominaisuusvertailutaulukon vertailtavien yritysten tarjoamista energiamittarointijärjestelmistä ja oheispalveluista. Vertailutaulukon tavoitteena on hahmottaa, mitä eroja vertailtavien yritysten palveluiden kokonaisuuksissa todellisuudessa on.

Energiamittarointijärjestelmiä tarjoavia yrityksiä, joita ei tässä opinnäytetyössä käsitelty ovat esimerkiksi Wattson, Haahtela, Elvaco, Carlo Gavazzi, Honeywell, Landis + Gyr ja Itron. Globaalilla tasolla on olemassa paljon energiamittarointijärjestelmiä tarjoavia yrityksiä, joista tietääkseni moni ei ainakaan toistaiseksi toimi Suomessa merkittävällä tasolla.

Koska Granlundin tarjoama järjestelmä Granlund Manager on mielestäni kokonaisuudessaan täysin erilainen palvelu suhteutettuna verrattaviin pääsääntöisiin energiamittarointi ja energianhallintajärjestelmiin, vertailu ei ole Granlundin osalta kovin kannattavaa. Mielestäni Granlund Manager-järjestelmän palveluihin verrattavia yrityksiä ovat enemminkin kiinteistönhallintapalveluita tarjoavat yritykset, kuten Fatman, Tampuuri ja Buildercom. Tutkimuksen vertailukohteiden ulkopuolelle jää paljon kiinteistönhallintaan liittyviä palveluita, kuten PTS-suunnitelmat, laskutus, kiinteistötiedot ja resurssienhallinnan palvelut.

Vertailukohteet	Granlund ja Granlund Manager	Schneider ja EBO + PME (BA + PA)	EnerKey ja SEMS + IneS	Mittrix ja MS Axon
SaaS-palveluntarjoaja	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Omat mittalaitteet	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä
Toteuttaa asiakkaalleen kokonaisvaltaista energiamittarointia	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä
ISO-14000 sertifioitu järjestelmä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei mainittu
ISO-50001 sertifioitu järjestelmä	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei mainittu
Ohjelmiston asentaminen mahdollista toteuttaa asiakkaan omalle palvelimelle	Ei mainittu	Kyllä	Ei mainittu	Kyllä
Järjestelmiin voidaan tuoda kolmannen osapuolen mittaorintijärjestelmän dataa (Esim. Mittrix)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei mainittu
Huoltokirjaominaisuus	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Mittaussuureiden tarkastelu reaaliajassa	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei mainittu
Energiatehokkuusraportointi	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
Jätedatan integrointi	Ei	Ei	Kyllä	Ei
Kulutustietojen seuranta ja hallinta, raportointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Hälytykset	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Alamittausdatan visualisointi järjestelmässä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Sähkönlaadun seuranta	Ei	Kyllä	Ei mainittu	Kyllä

Taulukko 1. Yritysten tarjoamien palveluiden vertailutaulukko.

EnerKey tuntuu toteuttavan paljon yhteistyötä erinäisten järjestelmiä tarjoavien palveluiden kanssa täydentääkseen oman palveluidensa potentiaalia. Yritys toimii yhteistyössä mm. Smartvattenin kanssa veden mittarointiin ja hallintaan liittyen ja Enpros Oyn toteuttaman jätteidenhallinnan Zerowaste-palvelu on integroitavissa osaksi Enerkey-alustaa. Tampuurin kanssa EnerKeyn energianhallintatyökalut integroidaan osaksi Tampuurin kiinteistönhallinnan palveluita.[37;38]. Havaintojeni perusteella energiahallintajärjestelmien yhdistäminen osaksi kiinteistönhallintapalvelujärjestelmää vaikuttaa olevan mielestäni varsinkin suurien yritysten kannalta optimaalinen ratkaisu.

7 YHTEENVETO

Yrityksen henkilöstö, joka toimii kiinteistön energianhallinnan keskuudessa ja käyttävät energiamittarointijärjestelmää, seuraavat kerättyä mittadataa säännöllisesti. Mittadatan perusteella vähintäänkin suunnitellaan energiankäytön optimointia. Tutkimus osoittaa, että energiaseuranta on merkittävässä roolissa siinä vaiheessa, kun yritys suunnittelee jonkinlaisia energiaa säästäviä toimenpiteitä.

Yritykset, jotka hankkivat energiamittarointijärjestelmän, eivät yleensä käytä järjestelmiä niiden kaikessa potentiaalisuudessaan. Huomioitavaa on, että energiamittarointijärjestelmän potentiaali piilee sen liittämisen suurempaan toteutukseen osaksi yrityksen tai käyttäjän energianjohtamisjärjestelmää ja että johtamisjärjestelmän kehittäminen yritysten sisällä on jatkuvaa sen käyttöönoton jälkeen. Tiedostetaan, että käyttäjä ei välttämättä halua välittömästi tehdä suuria investointeja johtamisjärjestelmään, vaan aloittaa energiaseurannan ja optimoinnin energiaominaisuuksista, jotka hän tiedostaa vaativan parannusta ja seuranta.

Energiamittarointijärjestelmissä ja yritysten tarjoamissa oheispalveluissa on energianhallinnan syvyytason eroja, mutta niiden konkreettinen vertailu keskenään on haastavaa ja vaatii syvempää tutkimustyötä, jossa perehdytään yritysten järjestelmiin syvemmin. Tutkimuksessa olisi syytä olla yhteydessä vertailtavien järjestelmien yrityksiin, jotta päästäisiin parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Käyttäjän kannalta eri yritysten energiamittarointijärjestelmät voivat tarjota samankaltaisia perustason energiamittauksia, mutta esimerkiksi energianjohtamisjärjestelmää tai kiinteistön ylläpitojärjestelmää energianhallinnan yhteydessä tarjoavat yritykset saavat aina oman osansa näistä kokonaisuuksista kiinnostuineista asiakkaista.

Kun tämän työn jälkeen mietitään syitä, miksi asiakkaalla on energiamittarointijärjestelmä käytössään on selvää, että energiamittarointijärjestelmästä on merkittävää hyötyä yrityksen kiinteistöjen energiankäytön seurannalle ja optimoinnille. Pitkällä tähtäimellä asiakas kykenee optimoimaan oman kiinteistönsä energiankäyttöään ja näkee täten varmasti kustannussäästöjä laajamittaisella energiamittarointijärjestelmällä. Kestävän kehityksen edistäminen ja ilmastonmuutoksen vastaisen toiminnan merkitys kasvaa jatkuvasti ja rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä uudistetaan parhaillaan. Säädökset saattavat tulevaisuudessa velvoittaa energiatehokkuusjärjestelmien käyttöönottoa vielä suuremmalle osalle yksityissektoria.

On vaikeaa päätellä, miksi käyttäjällä olisi useampi energiamittarointijärjestelmä käytössään samanaikaisesti. Järjestelmät eivät todennäköisesti eroa energiamittauksen osalta niin radikaalisti, että mittarointijärjestelmien yhtäaikainen käyttö olisi kannattavaa. Asiakas on voinut toteuttaa mittarointia yhdessä osassa kiinteistöä eri järjestelmällä, eikä tätä ole välttämättä mahdollista tai kustannustehokasta integroida uudemman järjestelmän kanssa.

On myös mahdollista, että asiakas on halunnut laajentaa energiamittauksia toisen yrityksen kanssa samanaikaisesti, kun hän on kiinnostunut yrityksen muista palveluista, kuten kiinteistönjohtamisjärjestelmästä. Alustaratkaisut, jotka integroivat energianhallinnan järjestelmän osaksi yrityksen kokonaisvaltaista kiinteistönhallintaa antavat laajemman näkökulman kiinteistön energiankäyttöön ja kulutukseen, tehokkaaseen resurssienhallintaan ja ennakointiin.

Tärkeää on siis tiedostaa, että energiamittarointijärjestelmät ovat vain osa suurempaa energia- ja kiinteistöhallinnan kokonaisuutta. Niiden tärkein tehtävä on tarjota tietoa ja oivalluksia, jotka tukevat päätöksentekoa ja parantavat energiatehokkuutta. Tämä edellyttää myös, että yrityksen henkilöstöllä on tarvittavat taidot ja osaaminen järjestelmien käyttämiseen, datan analysointiin ja tulosten hyödyntämiseen.

8 POHDINTAA

Työ antoi hyvän pohjan opinnäytetyön tekijälle kokonaisuuden hahmottamiseen kiinteistöjen energianhallinnan ja kiinteistöjohtamisen järjestelmien ympärillä.

Alunperin ajatuksena oli pitää tutkimuksen aihealue puhtaasti energiamittarointijärjestelmissä, mutta lähtötasolta katsottuna oli haastavaa sisäistää kiinteistön energianhallinnan kokonaisuutta tästä perspektiivistä, ja tutkimusongelma ja kysymykset ajoivat työn liittymään syvemmin energiatehokkuuteen ja kiinteistön energianhallintaan ja siihen liittyviin järjestelmiin. Työn aihe oli tästä syystä laaja ja se yritti kattaa montaa eri osa-aluetta energiamittarointijärjestelmistä energiahallintaan ja energiajohtamiseen, mihinkään näistä kuitenkin sen syvällisemmin paneutumatta.

Yritysten omat sivustot tarjoavat vastauksia niihin osa-alueisiin, missä yritykset loistavat. Yritykset tuottavat omanlaistaan energianhallintaa ja/tai energianmittausta eri syvyytasoilla, mutta syvyytason selkeä arviointi puhumattakaan vertailusta keskenään perustuen monessa kohtaa ainoastaan yritysten omien verkkosivujen dataan on lähes mahdotonta.

Tutkimuskyselyn vähäisen vastausprosentin syyksi voidaan deduktoida johtuneen alkuperäisen otannan määrästä, vastausajasta ja tutkimukseen osallistumisen ilmoitustavasta.

Tutkimuskysely itsessään oli toteutettu hyvin lukuun ottamatta muutamaa asianhaaraa. Tutkimukseen vastanneiden henkilöiden vastauksia olisi pitänyt pystyä tutkimaan tarkemmin joissain kysymyksissä yksilökohtaisella tasolla ja vertailemaan niitä aikaisempien kysymysten vastauksiin. Jos vastaaja ilmoitti käyttävänsä jotain entuudestaan tuntematonta mittarointijärjestelmää, tai palvelua, ei voitu jälkeinpäin tarkistaa mihin vastaaja mittarointijärjestelmäänsä konkreettisesti käytti. Tästä olisi ollut paljon hyötyä selvittäessä opinnäytetyön tekijälle tuntemattomampia energiamittarointijärjestelmiä tarjoavien yritysten palveluiden kokonaisuutta. Jos vastaaja olisi ilmoittanut käyttävänsä useampia mittarointi tai energianhallintajärjestelmiä yhtäaikaaisesti, ei jälkeinpäin olisi ollut mahdollista selvittää tietyn vastaajan järjestelmien kokonaisuutta. Opinnäytteen tekijä oletti, että jälkeinpäin on mahdollista tarkastella yhden vastaajan vastauksia kerrallaan. Tämä olisi ollut todennäköisesti myös mahdollista, jos ongelma olisi tiedostettu etukäteen, ja määrällinen tutkimus olisi toteutettu eri tavalla.

LÄHTEET

1. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma, Verkkodokumentti. [Euroopan vihreän kehityksen ohjelma - Consilium \(europa.eu\)](https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/)
<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/>
2. (Data Mining and Machine Learning in Building Energy Analysis. Magouls Frédéric, Zhao, Hai-Xiang, ISTE 2016.)
3. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistus. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistus>.
4. Alustava yhteisymmärrys energiatehokkuusdirektiivistä. Verkkotiedote. Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/energiatehokkuusdirektiivista-alustava-yhteisymmarrys-eu-trilogissa>.
5. Energiatehokkuussopimukset 2017-2025. Verkkodokumentti. [Sopimukseen liittyneet - Energiatehokkuussopimukset 2017–2025 \(energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi\)](https://www.valtioneuvosto.fi/-/1410877/energiatehokkuussopimukset-2017-2025).
6. Energiakatselmukset. Energiavirasto. Verkkodokumentti. <https://energiavirasto.fi/energiakatselmukset>.
7. Energiatehokkuuslaki 1429/2014 Ajantasainen lainsäädäntö. Finlex. Verkkodokumentti. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429>.
8. Energiakatselmukset. Motiva. Verkkodokumentti. www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiakatselmukset.
9. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. Motiva. Verkkodokumentti. https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf
10. ETJ+:n lisävaatimukset ETJhin verrattuna - käytännön ohjeita vaatimusten täyttämiseksi. Motiva. Verkkodokumentti. https://www.motiva.fi/files/12250/ETJ_n_lisavaatimukset_ETJhin_verrattu_na_-_kaytannon_ohjeita_vaatimusten_tayttamiseksi_201604.pdf.
11. Energiatehokkuusjärjestelmä ETJ. Motiva. Verkkodokumentti. https://www.motiva.fi/files/10070/Energiatehokkuusjarjestelma_ETJ_.pdf.
12. Reasons to adopt ISO 50001 Energy management system. Frederic Marimon and Marti Casadeus 7. September 2017. Artikkel. https://pdfs.semanticscholar.org/b1f1/d18c4907baf38fb1887768e3d847812d64c0.pdf?_gl=1*_1xoj0do*_ga*NzE0MjM4NzcwLjE2ODM4MDE3Nzg.*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4NDIzNjQyMS4zLjAuMTY4NDIzNjc3My4wLjAuMA. Luettu 24.5.2023

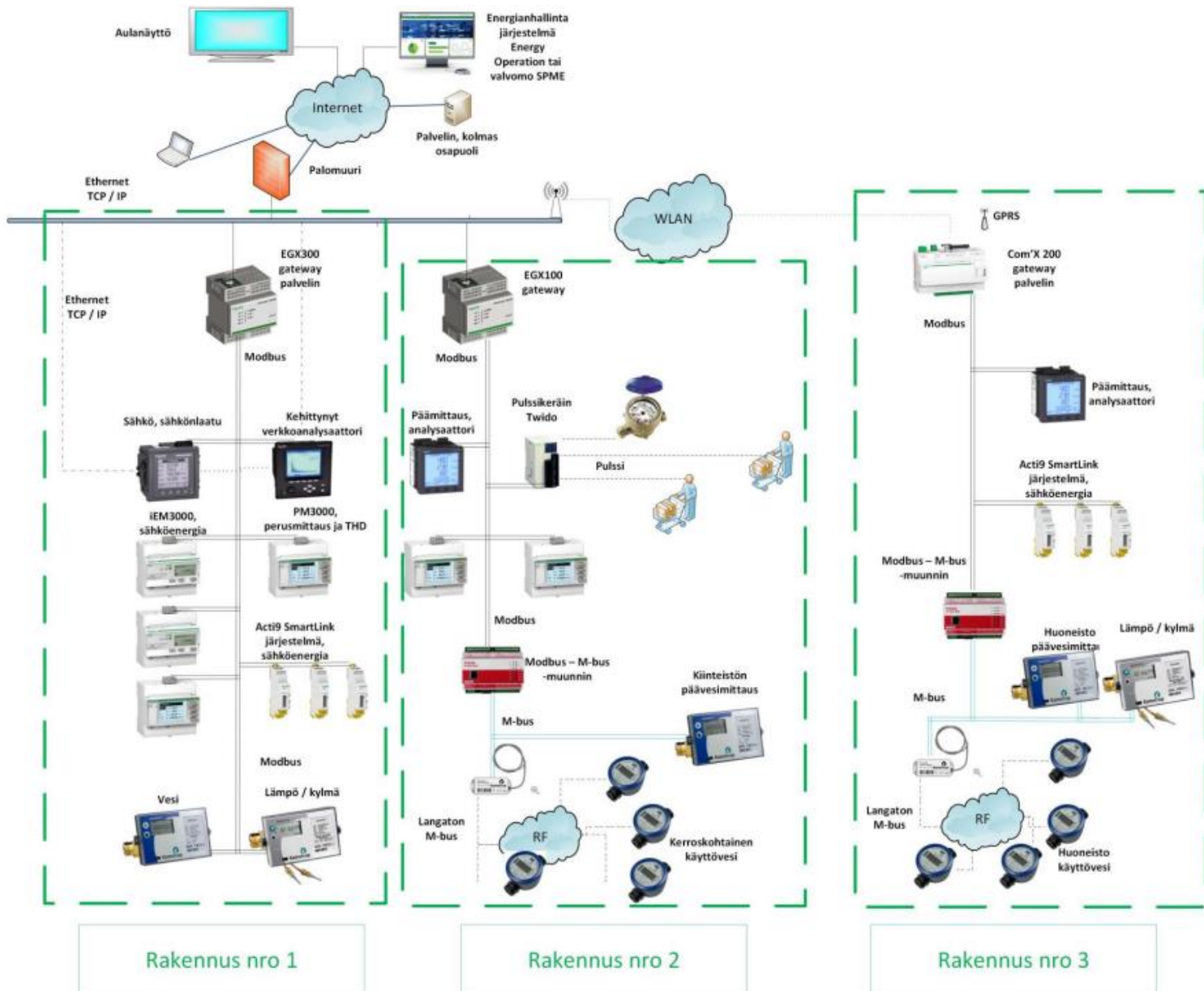
13. Mika Paasisalo Kiinteistön kulutusten mittarointi. Opinnäytetyö. Theseus 2014.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73425/Kiinteis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
14. Elisa Oyj & Quva Oy. IoT. Julkaisuaika tuntematon
<https://yriyksille.elisa.fi/iot>.
15. Opinnäytetyö Matihaldi Tiina ENERGIADATAN VISUALISOINTI, Laadullinen tutkimus raportointinäköymistä, 21.4.2022.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/746380/Matihaldi_Tiina.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
16. Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review. Wahiba Yaïci, Karthik Krishnamurthy, Evgueniy Entchev and Michela Longo. 2021.
https://pdfs.semanticscholar.org/f2c0/56d8d4ed3b4df03088aab82ad3b955bceb8d.pdf?_gl=1*156tcwn*_ga*NzE0MjM4NzcwLjE2ODM4MDc3Nzg.*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4NDI2OTk3NC40LjAuMTY4NDI2OTk3Ni41OC4wLjA.
17. What is SaaS? Software-as-a-service. Microsoft Azure. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-saas/>.
18. Seuraa sähkönkulutusta. Motiva. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon.
https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiategokas_sahkolammitys/seuraa_sahkonkulutusta
19. Kulutusseuranta. Motiva. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon.
https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutusseuranta
20. Kiinteistönhallintajärjestelmä. Schneider Electric Suomi. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.se.com/fi/fi/work/products/product-launch/building-management-system/#:~:text=EcoStruxure%20Building%20Operation%20tarjoaa%20integroidun%20%C3%A4hestymistavan%20kaikkien%20kiinteist%C3%B6j%C3%A4,hallintakeskuksessa%2C%20jonka%20mobiiliyst%C3%A4v%C3%A4llinen%20rakenne%20mahdollistaa%20et%C3%A4katselun%20miss%C3%A4%20tahansa>.
21. Ecostruxure Monitoring Expert. Power monitoring software for reliable electrical networks. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.se.com/ww/en/product-range/65404-ecostruxure-power-monitoring-expert/#overview>.
22. Ecostruxure Power Advisor. Analytics for power management and distribution system. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Julkaisuaika

- tuntematon. <https://www.se.com/ww/en/product-range/65478-ecostruxure-power-advisor/#overview>.
23. Ecostruxure Building Advisor. Digital services for building and facility maintenance. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.se.com/ww/en/product-range/39297330-ecostruxure-building-advisor/#overview>
 24. Why Granlund Manager? Granlund. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.granlundmanager.com/why-granlund-manager/overview/>
 25. Mittauskeskitin. Granlund. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.granlund.fi/palvelut/integraatiot/mittauskeskitin/>
 26. Dynaaminen Bi-raportointiominaisuus. Granlund. Verkkouutinen. 6.3.2020 <https://www.granlund.fi/uutinen/uusi-dynaaminen-bi-raportointiominaisuus-yhdistelee-tietoa-kayttajien-tarpeiden-mukaan/>
 27. Enerkey ja Enpros. Enerkey. Verkkouutinen. 22.9.2022. <https://eg.fi/uutisia/2022/syyskuu/enerkey-ja-enpros/>
 28. Enerkeyn SEMS-järjestelmän ohjesivusto. <https://help.enerkey.com/?id=6naMjxD0UoMsoQoW2s6YiC>
 29. EG-IneS. Smart energy consumption management. Enerkey. Verkkodokumentti <https://global.eg.dk/it/eg-enerkey/eg-ines/>
 30. Mittrix. Yrityksen omat verkkosivut. <https://www.mittrix.fi/yritys/>
 31. Ecostruxure Resource Advisor. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.se.com/ww/en/work/services/sustainability-business/energy-and-sustainability-software/energy-management-software-resource-advisor.jsp>
 32. What is a dashboard? A complete overview. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.tableau.com/learn/articles/dashboards/what-is>
 33. What is Business Intelligence? Microsoft. Verkkodokumentti. Julkaisuaika tuntematon. <https://powerbi.microsoft.com/en-us/what-is-business-intelligence/>
 34. Smartvatten. Sopiva palvelusuunnitelma kiinteistöllesi. Yrityksen omat verkkosivut. Julkaisuaika tuntematon. <https://smartvatten.com/fi/hinnoittelu/>
 35. Timo Vihavainen. Rakennusten energiatehokkuuden kehittäminen energianhallintajärjestelmän avulla. 4.2.2013

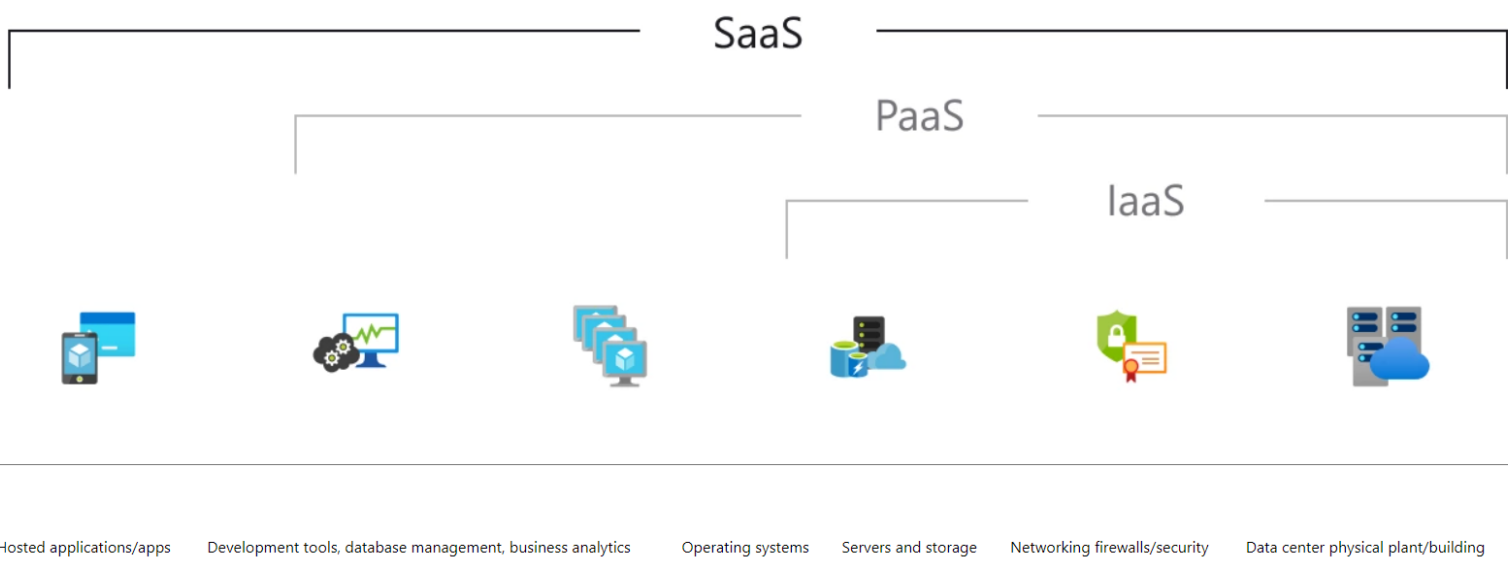
[https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/9004/master Viha
vainen Timo 2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/9004/master_Viha_vainen_Timo_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

36. M-Bus. Overview. <https://m-bus.com/overview>
37. SaaS Providers. Enerkey. Yrityksen omat verkkosivut. Julkaisuaika tuntematon. [https://global.eg.dk/it/eg-enerkey/customers--
partners/saas-providers/](https://global.eg.dk/it/eg-enerkey/customers--partners/saas-providers/)
38. Enpros ja EnerKey yhteistyöhön. Enpros. Yrityksen omat verkkosivut. Julkaisuaika 22.9.2022 [https://www.enpros.fi/enpros-ja-eg-enerkey-
yhteistyohon/](https://www.enpros.fi/enpros-ja-eg-enerkey-yhteistyohon/)

LIITE 1. ENERGIAMITTAROINTIJÄRJESTELMÄN PERIAATEKUVA [13].



LIITE 2. HAHMOTELMA TERMIEN SOFTWARE-, PLATFORM-, JA INFRASTRUCTURE-AS A-SERVICE -RAKENTEESTA. [17].



LIITE 3. PME-JÄRJESTELMÄN ARKKITEHTUURI

PME Architecture

Simple and Centralized

Server:
Application + Database



Thick Clients:
Engineering Tools



Thin Clients:
Main User Interface (Web based)



IP Backbone

Modbus
and ION
Protocols



Power
Meters



Protection
Relays



Breakers,
Trip
Units,
Gateways



UPSs



PQ
Correction
Equipment



Variable
Speed
Drives



IFM



Final
Distribution
Breakers,
Sensors,
Gateways



RTUs,
PLCs



Water,
Air,
Gas,
Steam

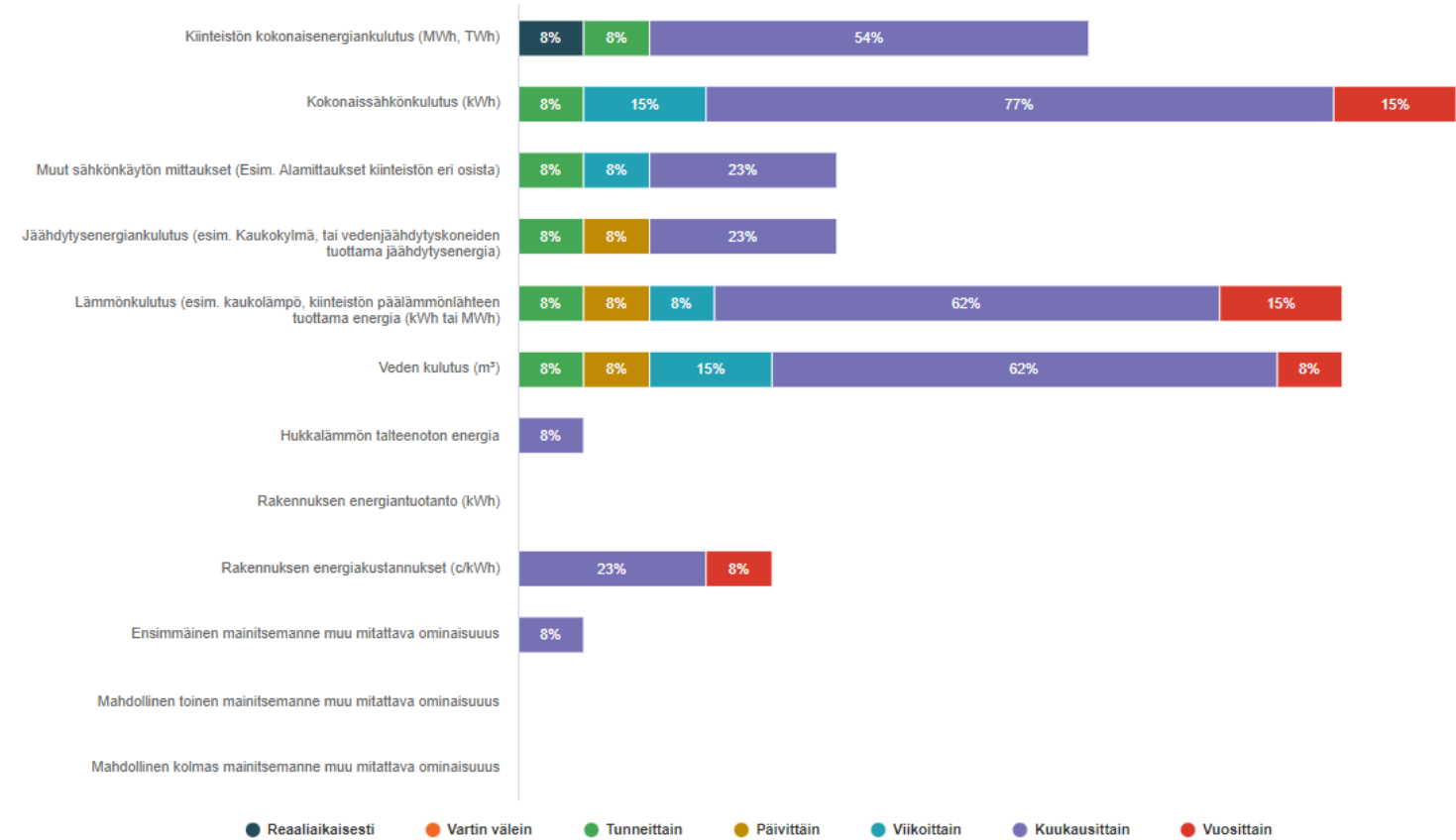


Life Is On

Schneider
Electric

LIITE 4. KÄYTTÄJIEN AKTIIVISUUS KIINTEISTÖN ENERGIADATAN SEURANNALLE.

Vastaajien määrä: 13, valittujen vastausten lukumäärä: 66



	Reaaliaikaisesti	Vartin välein	Tunneittain	Päivittäin	Viikoittain	Kuukausittain	Vuosittain	Yhteensä	Keskiarvo	Mediaani
Kiinteistön kokonaisenergiankulutus (MWh, TWh)	1	0	1	0	0	7	0	13	5,1	6,0
Kokonaissähkökulutus (kWh)	0	0	1	0	2	10	2	13	5,8	6,0
Muut sähkökäytön mittaukset (Esim. Alamittaukset kiinteistön eri osista)	0	0	1	0	1	3	0	13	5,2	6,0
Jäähdytysenergiankulutus (esim. Kaukokylmä, tai vedenjäähdytyskoneiden tuottama jäähdytysenergia)	0	0	1	1	0	3	0	13	5,0	6,0
Lämmönkulutus (esim. kaukolämpö, kiinteistön päälämmönlähteen tuottama energia (kWh tai MWh))	0	0	1	1	1	8	2	13	5,7	6,0
Veden kulutus (m³)	0	0	1	1	2	8	1	13	5,5	6,0
Hukkalämmön talteenoton energia	0	0	0	0	0	1	0	13	6,0	6,0
Rakennuksen energiantuotanto (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-
Rakennuksen energiakustannukset (c/kWh)	0	0	0	0	0	3	1	13	6,3	6,0
Ensimmäinen mainitsemanne muu mitattava ominaisuus	0	0	0	0	0	1	0	13	6,0	6,0
Mahdollinen toinen mainitsemanne muu mitattava ominaisuus	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-
Mahdollinen kolmas mainitsemanne muu mitattava ominaisuus	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-
Yhteensä	1	0	6	3	6	44	6	13	5,6	6,0