



Tuomas Kotajärvi

Senaatti-konsernin energiakatsastusmallin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.2.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Tuomas Kotajärvi
Otsikko: Senaatti-konsernin energiakatsastusmallin kehittäminen
Sivumäärä: 69 sivua + 7 liitettä
Aika: 3.2.2024

Tutkinto: Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikka
Ammatillinen pääaine: LVI-tekniikka
Ohjaajat: Erityisasiantuntija Tapio Jalo
Yliopettaja Rauno Holopainen

Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä, joten päästövähennysten toimeenpano on tärkeää. Senaatti-konserni aloittaa energiakatsastustoiminnan yhtenä energiansäästöä ja hiilineutraaliustavoitteita tukevana keinona. Energiakatsastuksella pyritään tunnistamaan rakennuksen keskeiset energiansäästötoimenpiteet ja varmistamaan energiatehokkuuden toteutuminen. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia uuden energiakatsastusmallin toimivuutta asetettuihin tavoitteisiin verrattuna ja tunnistaa keskeisimmät kehityskohteet katsastusmallin parantamiseksi.

Tutkimusaineistona käytettiin pilottikatsastusraportteja sekä opinnäytetyötä varten laaditun katsastajien palautekyselyn tuloksia. Pilottikatsastus tehtiin 12 erilaiseen rakennukseen, joista laadittuja energiakatsastusraportteja analysoitiin. Katsastajien palautekyselyyn laadittiin 12 energiakatsastustoimintaa koskevaa ydinkysymystä, joihin vastasi 6 vastaajaa. Tutkimusaineisto oli kattava, ja siitä tehtyjen havaintojen pääteltiin olevan relevantteja.

Tutkimusaineiston perusteella tunnistettiin pohjakuorman määrittelyn ja analysoinnin sekä lämpöpumppujen tyyppiratkaisujen määrittelyn olevan energiakatsastustoimintaa keskeisesti edistäviä kehityskohteita. Tässä työssä esitetään yksinkertaistettu malli pohjakuorman määrittelyyn ja rakennuksen energiankäyttöprofiilin tulosten tulkintaan. Erilaisiin rakennustyyppeihin soveltuviksi lämpöpumppujen tyyppiratkaisuksi määriteltiin maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumput, joilla voidaan pienentää merkittävästi rakennusten primäärienergiankulutusta. Osana tätä opinnäytetyötä laadittiin katsastusta ohjaamaan energiakatsastajan tarkastuslista sekä lämpöpumppuratkaisujen muistilista.

Energiakatsastuksen havaittiin olevan tehokas tapa tunnistaa kiinteistön energiaa käyttävät järjestelmät ja niiden keskeisen uudistamistarpeet. Energiakatsastuksen tavoitteet tukevat erilaisten kiinteistönomistajien intressejä, joten katsastusmallilla voisi olla laajempaa hyödyntämispotentiaalia kiinteistösektorilla.

Avainsanat: energiakatsastus, energiakatselmus, energiatehokkuus, pohjakuorma, ominaiskulutus, energiankierrätys, lämpöpumput

Abstract

Author: Tuomas Kotajärvi
Title: Energy Audit Model for Senate Group
Number of Pages: 69 pages + 7 appendices
Date: 3 February 2024

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Supervisors: Tapio Jalo, Senior Specialist
Rauno Holopainen, Principal Lecturer

The study was aimed at examining the effectiveness of the new energy audit model by comparing it to set goals and identifying the main development areas to enhance the model. The study utilized pilot audit reports on 12 buildings and analyzed the resulting energy audit reports. A feedback survey about energy audits was composed for auditors and collected 6 answers.

Based on the data, the areas identified as key to advancing energy audits were the specification of base load and heat pump solutions. Thus, a simplified model for base load specification and for interpreting the results of the building's energy usage profile were presented. Ground source heat pumps and air-to-water heat pumps were specified as typical solutions for various buildings as they significantly reduce the primary energy consumption of buildings. Furthermore, an energy auditor's checklist and heat pump solutions checklist were developed to guide the audit process.

Energy auditing was established as an effective way to identify the significant energy usage systems in buildings, as the key areas for improving building's energy efficiency can be identified. The goals of audits align with the interests of property owners and therefore audit could have large-scale potential in real estate sector.

Keywords: energy audit, energy survey, energy efficiency, base load, specific consumption, energy recycling, heat pumps

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta, aihe ja tutkimusongelma	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja raja	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	3
2	Ilmastotavoitteet ja lainsäädäntö	4
2.1	EU:n ilmastotavoitteet	4
2.1.1	Energiatehokkuusdirektiivi	5
2.1.2	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi	6
2.1.3	Uusiutuvan energian direktiivi	7
2.2	Rakennusten energiankäyttö ja ilmastotavoitteet Suomessa	8
2.3	Rakennusten älyvalmiusindikaattori	9
2.4	Energiakatsastukset ja -katselmuks	10
2.4.1	Energiakatsastus	11
2.4.2	Täsmäkatselmus	11
2.4.3	Energiatodistus	12
2.4.4	Katselmustoiminta muissa maissa	13
3	Energiakatsastukset Senaatissa	14
3.1	Katsastustoiminta Senaatissa	16
3.2	Lähtötiedot ja valmistelevat toimenpiteet	17
3.3	Kohdekäynti	19
3.4	Auditointipisteet	20
3.4.1	Yleinen	20
3.4.2	Lämmitysjärjestelmät	21
3.4.3	Vesi- ja viemärijärjestelmät	22
3.4.4	Ilmastointijärjestelmät	22
3.4.5	Jäähdytysjärjestelmät	23
3.4.6	LVI-erityisjärjestelmät	23
3.4.7	Sähköjärjestelmät	23
3.4.8	Rakennusautomaatio ja säädöt	24
3.5	Havaintojen arviointi ja raportointi	24

3.6	Valmiin katsastuksen läpikäynti	27
3.7	Vertailu Motivan energiakatsastusmalliin	27
3.8	Sisäolosuhteisiin vaikuttavat tekijät	30
3.9	Energiakatsastuksen tarkastuslista	32
4	Pilottikatsastukset	33
4.1	Pilottikohteiden esittely	33
4.2	Auditointipisteiden arviointien havainnot	34
4.2.1	Energiatodistus	34
4.2.2	Energian mittarointi	35
4.2.3	Pohjakuormat	35
4.2.4	Ominaiskulutukset	36
4.2.5	Energiankierrätyspotentiaali	37
4.2.6	Uusiutuvan energian potentiaali	38
4.2.7	Lämmityksen keskus- ja alueosat	39
4.2.8	Lämmityksen pääteosat	39
4.2.9	Käyttöveden lämmitysjärjestelmä	40
4.2.10	Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat	41
4.2.11	Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat	42
4.2.12	LVI-erityisjärjestelmät	43
4.2.13	Valaistus	43
4.2.14	Sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät	44
4.2.15	Rakennusautomaatio	45
4.3	Tulosten analysointi	45
4.4	Johtopäätökset katsastusmallin ja raportoinnin toimivuudesta	48
4.5	Katsastajien palautekysely	49
5	Merkittävimmät kehityskohteet	51
5.1	Pohjakuorman määrittely ja analysointi	51
5.2	Lämpöpumppujen tyyppiratkaisut	56
6	Yhteenveto	61
6.1	Pohdinta	62
6.2	Johtopäätökset	64
	Lähteet	65
	Liitteet	

Liite 1: Katsastusten auditointipisteiden arviointikriteeristö

Liite 2: Energiakatsastuksen kokonaisarvosanan laskenta kohteeseen 1

Liite 3: Energiakatsastuksen tarkastuslista

Liite 4: Pilottikatsastusten tulokset

Liite 5: Katsastajien palautekyselyn kysymykset ja tulokset

Liite 6: Sähkön ominaiskulutukset palvelusektorilla

Liite 7: Katsastajan muistilista lämpöpumppuratkaisun valintaan

Lyhenteet ja käsitteet

ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.</i> Yhdysvaltalainen, voittoa tavoittelematon järjestö, jonka tarkoitus on edistää talotekniikkaan liittyvää tutkimusta ja osaamista
DANAK	Tanskan kansallinen akkreditointielin
E-luku	Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku
Geoenergia	Matalan lämpötilatason lämpöenergiaa, joka on sitoutunut maahan. Energian pääasiallinen lähde on maan pintaan varastoitunut aurinkoenergia.
Geoterminen energia	Korkean lämpötilatason lämpöenergiaa, jonka pääasiallinen lähde on maan sisäytimestä johtuva lämpöenergia
Granlund Manager	Granlund Oy:n kehittämä kiinteistöjen hallintaan ja ylläpitoon käytettävä ohjelmisto. Ohjelmisto sisältää muun muassa ylläpidollista seurantaa, energiatalouteen liittyvää tiedonkeruuta sekä dokumentaation ja raportoinnin hallintaa.
HP4NZEB	<i>Heat Pump Concepts for Nearly Zero Energy Buildings.</i> Green Net Finlandin koordinoima kehityshanke, jonka tavoitteena oli selvittää asuintalojen lähes nollaenergiarakentamisen ratkaisuja Suomessa
LVISAJ	Lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkö-, automaatio- ja jäähdytysjärjestelmät

Perusskenaario	Kuvaa jo päätettyjen poliittisten toimien vaikutusta tulevaisuuden kehitykseen. Käytetään usein viiteskenaarioa.
Pilottikatsastus	Katsastus, joka on tehty osoittamaan toimintamallin sopivuutta asetettuihin tavoitteisiin verrattuna
Pohjakuorma	Rakennuksen pienin jatkuva energiantarve, joka käytetään laitteiden, järjestelmien ja taustatehtävien ylläpitoon
Politiikkaskenaario	Kuvaa uusien päätettävien poliittisten toimenpiteiden vaikutusta tarkasteltavaan kehitykseen
Polttoaine	Aine, jota käytetään energiantuotannossa polttamalla. Polttoaineet voivat olla kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia ja orgaanisia tai epäorgaanisia.
PTS	Pitkän tähtäimen suunnitelma. Antaa kokonaiskuvan tulevista korjaustarpeista, niiden ajankohdasta ja kustannuksista.
Uusiutuva energia	Energiaa, jota saadaan muista kuin fossiilisista energialähteistä. Uusiutuvan energia tuotannossa hyödynnetään luonnossa tapahtuvia prosesseja, kuten auringonpaistetta, tuulta, veden virtausta ja ilman tai maan lämpöä.
Webropol	Suomalainen ohjelmistoyritys, joka tarjoaa verkkokyselyihin ja tiedonkeruuseen erikoistuneita palveluita. Webropolin palveluilla käyttäjä voi luoda esimerkiksi omia verkkokyselyitä ja lähettää ne kohderyhmilleen.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta, aihe ja tutkimusongelma

Uudisrakennus käsitetään yleisesti energiatehokkaaksi rakennukseksi, joka täyttää voimassa olevat vaatimukset ja on käyttäjänsä mukaan optimoitu kokonaisuus. Rakennuskanta uusiutuu hitaasti, joten energiatehokkuuden parantamistoimenpiteet tulee kohdistaa ensisijaisesti olemassa oleviin, elinkaarensa eri vaiheissa oleviin rakennuksiin. Rakennuksilla voi olla elinkaarensa aikana useita erilaisia käyttäjiä ja käyttötarkoituksia, jolloin energiatehokkuutta tulisi pyrkiä parantamaan uusien tilaratkaisujen ja teknisten järjestelmien uusimisen yhteydessä.

Venäjän hyökkäys Ukrainaan muutti energian saatavuustilanteen nopeasti vuonna 2022. Energian hinnan ja energiankäytön ympäristövaikutusten lisäksi esiin nousi huoli energian riittävydestä, jonka sysäyksenä valtiolliset toimijat käynnistivät Astetta alemmas -energiansäästökampanjan. Kampanjan tavoitteena oli osallistaa laaja-alaisesti eri toimijoita ja kansalaisia sähkön, lämpöenergian ja polttoaineiden säästöön. (Astetta alemmas -energiansäästökampanja: 2–3.)

Senaatti-konserni käynnisti syksyllä 2022 oman energiansäästöohjelman, jonka toimenpiteillä saavutettiin vuoden aikana noin viiden prosentin säästö vuotuisessa energiankulutuksessa. Saatujen tulosten perusteella havaittiin, että monissa kiinteistöissä on energiansäästöpotentiaalia, joka voidaan saavuttaa säästöteknisin menetelmin muuttamalla sisäolosuhteiden asetusarvoja sekä ilmanvaihtojärjestelmien käyttöaikoja.

Ennen energiansäästöohjelmaa Senaatissa käynnistettiin energiakatsastusohjelma, jonka tavoitteet palvelevat erinomaisesti tämänhetkistä ajankuvaa. Energiansäästön lisäksi energiakatsastusten avulla voidaan edistää pienempää hiilijalanjälkeä, varautumista, kulutusjoustoa, energiankierrätystä ja rakennusten älykkyyttä.

Senaatin energiakatsastusmalli on kehitetty jo käytössä olevien ilmanvaihto- ja rakennekatsastusmallien pohjalta. Energiakatsastusmallia pilotoitiin kevään 2023 aikana 12 kohteessa eri puolella Suomea. Tehtyjen pilottikatsastusten tulosten perusteella havaittiin tarve kehittää sekä energiakatsastusmallia että olennaisten rakennusten energiankäyttöön liittyvien tarkastus- ja kehitystoimenpiteiden ohjeita.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Energiakatsastusmallin kehittämisen keskeinen tavoite on se, että katsastaja voi keskittyä energiankäytön kannalta olennaisiin asioihin ja hyödyntää valmiiksi konseptoituja energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja. Tämän työn tarkoituksena on kuvata katsastukseen kuuluvia toimintoja tarkemmin ja löytää uusia toimenpiteitä, joilla voidaan parantaa rakennusten energiatehokkuutta.

Kohteessa tehtävää katsastusprosessia pyritään kuvaamaan tarkemmin katsastajan tarkastuslistalla, jolla ohjataan katsastajan työtä sekä parannetaan raportoinnin laatua. Tehty työ palvelee kokonaisuudessaan sekä energiakatsastusta suorittavaa henkilöä että katsastuksen tilaajaa.

Tutkimuksen teoreettiselle viitekehykselle asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millaiset toimenpiteet ovat keskeisiä, kun parannetaan rakennusten energiankäyttöä ja miten ne ovat kohdekohtaisesti tunnistettavissa?
- Millaisia (taloudellisesti kannattavia) lämpöpumppuratkaisuja on mahdollista toteuttaa?
- Millaisia eri rakennustyyppeihin konseptoitavissa olevia tyyppitoimenpiteitä on tunnistettavissa?
- Millaiset ovat rakennusten pohjakuormat ja miten ne voidaan tunnistaa paremmin?

Tätä tutkimusta hyödynnetään Senaatti-konsernissa vuonna 2024 aloitettavassa energiakatsastustoiminnassa, jossa on tavoitteena katsastaa noin 300 energiankäyttöltään merkittävää rakennusta vuosina 2024–2027.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusaineistona käytettiin 12 kohteesta tehtyjä pilottikatsastuksia. Tutkimusmateriaalina toimivat katsastuksien auditointiraportit ovat järjestelmäkohtaisesti strukturoituja ja niistä tehtävä tutkimus on luonteeltaan kvalitatiivinen. Kvalitatiivinen tutkimus keskittyy henkilöiden näkemyksiin ja kokemuksiin, jolloin kyse on subjektiivisesta näkökulmasta. Laadullinen analyysi ei keskity todennäköisyyksiin, vaan tarkoituksena on yksinkertaistaa havaintoja ja löytää niistä yhteinen piirre, joka pätee koko tutkittavaan aineistoon (Alasuutari 1999: 48–49).

Pilottikatsastusten tekijöinä on useita eri alueilla toimivia henkilöitä ja katsastetut rakennukset ovat käyttötarkoitukseltaan erilaisia. Pilottikohteiksi on valittu maantieteellisesti kattavalta alueelta erilaisia rakennuksia. Valikoituneet rakennukset ovat eri-ikäisiä, erikokoisia ja käyttötarkoitukseltaan monenlaisia, joten niiden ominaisenergiankäyttö ja energiankäyttöprofiilit ovat toisistaan poikkeavia. Tutkimusmateriaalin voidaan ajatella olevan heterogeenista edellä mainittujen ominaispiirteiden perusteella. Laadullisen tutkimuksen tutkittavasta aineistosta muodostuu parempi ymmärrys, mikäli tutkimusaineisto on mahdollisimman moninäkökulmainen eli heterogeeninen (Vilkkä 2005: 126–127).

Energiantuotantomuotojen osalta tutkimusmateriaalin voidaan toisaalta katsoa olevan homogeenista. Homogeenisella aineistolla voidaan saavuttaa kylläntymisen eli saturaatio, jolloin uudet tapaukset eivät enää tuo tutkimusongelman kannalta uutta tietoa. Kylläntymisen voidaan ajatella olevan yhteydessä tutkimustulosten yleistettävyyteen. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

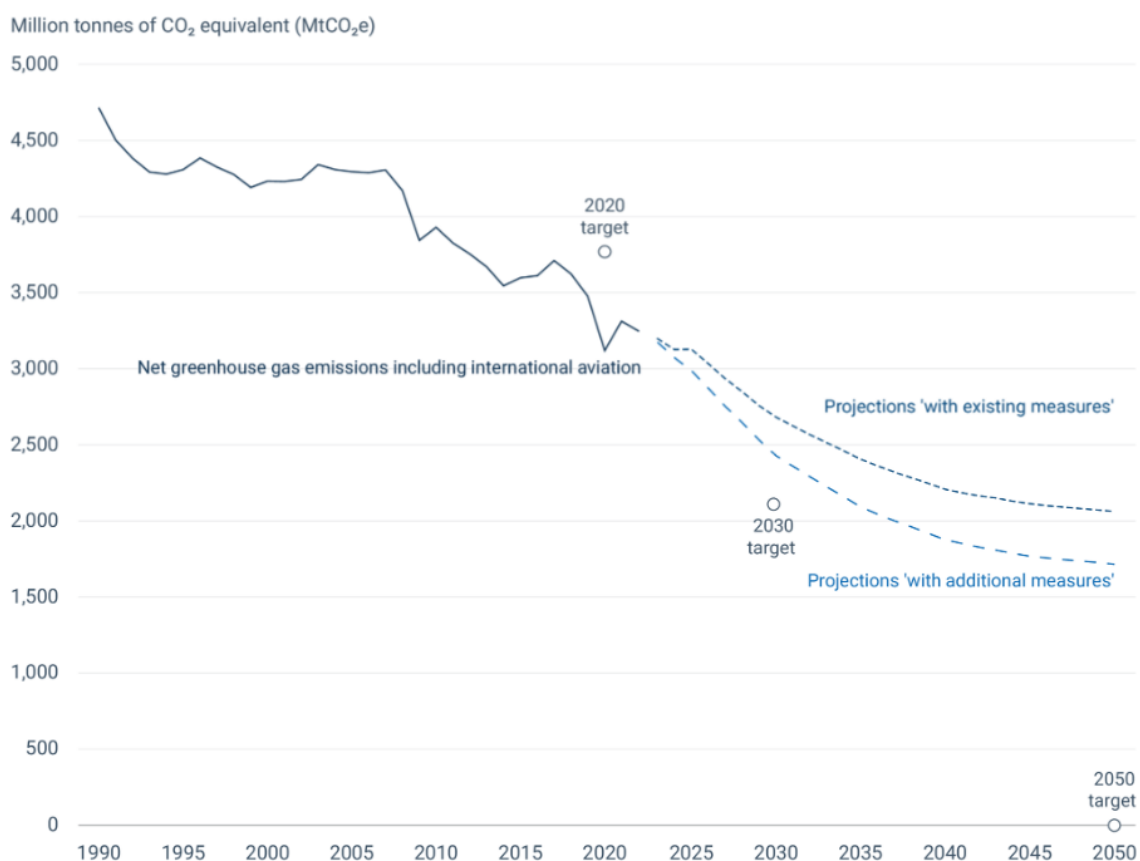
Osana tätä opinnäytetyötä katsastajille tehtiin kysely, jonka tarkoituksena oli tunnistaa katsastusprosessin kehityskohteita ja saada palautetta työn onnistumisesta katsastajien näkökulmasta. Kyselyyn käytettiin avoimia, mahdollisimman tarkasti rajattuja kysymyksiä, jotta vastauksista saataisiin täsmällisiä ja kuvailevia. Osana laadullista tutkimusta, kerätystä aineistosta pyrittiin löytämään

esiin nousevia seikkoja ja aihealueita, joiden perusteella katsastustoimintaa voidaan kehittää. Vastausten analysoinnissa hyödynnettiin numeerista koodausta ja tulokset kvantifioitiin.

2 Ilmastotavoitteet ja lainsäädäntö

2.1 EU:n ilmastotavoitteet

Euroopan Unionin ilmastopolitiikka ohjaa EU:n jäsenvaltioita toimiin, joilla hillitään ilmastonmuutosta. EU:n kaikki jäsenmaat ovat allekirjoittaneet ja ratifioineet Pariisin sopimuksen, jonka tavoitteiden mukaan EU:sta tulee ensimmäinen ilmastoneutraali talous ja yhteiskunta vuoteen 2050 mennessä. Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi kaikilta sopimukseen sitoutuneilta osapuolilta edellytetään merkittäviä toimia päästöjen vähentämiseksi, sillä aiemmin ilmoitetut päästövähennystavoitteet ja -toimet eivät riitä hillitsemään lämpötilan nousua tavoitteen mukaisesti (kuva 1). (Euroopan unionin ilmastopolitiikka; Pariisin ilmastosopimus.)



Kuva 1. EU:n hiilidioksidipäästöt vuosina 1990–2021 ja päästökehitys eri päätöskenaarioilla (Total net greenhouse gas emission trends and projections in Europe: 2023).

Pariisin sopimuksen lisäksi EU on sitoutunut vähentämään nettokasvihuonepäästöjään 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Kasvihuonepäästöjen vertailulukuna käytetään vuoden 1990 tasoa. Asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi Euroopan komissio käynnisti vihreän kehityksen ohjelman (European Green Deal), jonka toimenpidepalettiin kuuluu 55-valmiuspaketti (Fit for 55). 55-valmiuspaketti sisältää joukon ehdotuksia, joilla tarkistetaan ja päivitetään EU:n lainsäädäntöä. (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma.)

2.1.1 Energiatehokkuusdirektiivi

EU:n kasvanut huoli energian tuonnin riippuvuudesta, energiavarojen niukkuudesta, ilmastonmuutoksen torjunnan toimenpiteistä ja talouskriisin ratkaisukeinoista ovat seikkoja, joita pyritään ehkäisemään energiatehokkuusdirektiivillä

(EED eli Energy Efficiency Directive). Direktiivi laadittiin korvaamaan erilaisia energiankäyttöön liittyviä direktiivejä ja se astui voimaan vuonna 2012. Energiatehokkuusdirektiivin tarkoituksena on ohjata toimijoita energiatehokkuuden parantamiseen, minkä vaikutus näkyy unionin pienentyneenä primäärienergiankulutuksena. Energiatehokkuusdirektiivi koskee kaikkia energiaa käyttäviä sektoreita, kuten teollisuutta, liikennettä ja asumista. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta 2012: 1–2, 21.)

Energiatehokkuusdirektiivissä jäsenvaltiot edellytetään edistämään korkealaatuisten ja kustannustehokkaiden energiakatselmusten saatavuutta. Valtioiden on myös kannustettava pk-yrityksiä teettämään energiakatselmuksia ja toteuttamaan katselmuksien suositukset. Suuret yritykset veloitetaan teettämään pätevien asiantuntijoiden laatima energiakatselmus neljän vuoden välein tai muilla vaihtoehtoisilla menetelmillä. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta 2012: 17–18.)

Energiatehokkuusdirektiiviin kohdistui muutoksia 55-valmiuspaketin tavoitteiden myötä, joten uusi energiatehokkuusdirektiivi (EED recast) astui voimaan vuonna 2023. Uuden direktiivin myötä jäsenvaltioiden energian loppukäyttöä vähennetään 9 prosenttia vuoteen 2030 mennessä (vertailuvuosi 2020). Julkiselle sektorille kohdistuvia keskeisiä vaatimuksia ovat energian loppukäytön vähentämistavoitteen lisäksi rakennusten peruskorjausvelvoite. (Kotro ym. 2023.)

2.1.2 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

Rakennusten korkea osuus Euroopan unionin kokonaisenergiankulutuksesta on merkittävä seikka, jota pyritään hillitsemään vuonna 2010 voimaan astuneella rakennusten energiatehokkuusdirektiivillä (EPBD eli Energy Performance of Buildings Directive). Direktiivi koskee uusia sekä olemassa olevia rakennuksia ja sen laatimisen taustana on rakennuksille tunnistettu potentiaali merkittävistä kustannustehokkaista energiansäästötoimenpiteistä. Rakennusten energiate-

hokkuusdirektiivi edistää rakennusten älykkyyden parantamista ja energiatehokkuutta parantaviin valintoihin. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta 2010: 13, 21.)

Euroopan komission julkaiseman ehdotuksen (15.12.2021) mukaan energiatehokkuusdirektiiviä muutetaan osana laajaa 55-ilmastopakettia. Ehdotuksella tehostetaan nykyisiä energiatehokkuustoimia ja tuodaan uusia tehokkuusvaatimuksia. Ehdotuksen mukaan kaikkien uudisrakennusten tulee olla päästöttömiä vuodesta 2030 alkaen ja energiatehokkuudeltaan huonoimmille rakennuksille asetetaan energiatehokkuusluokan vähimmäistaso. (Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistus.)

2.1.3 Uusiutuvan energian direktiivi

Uusiutuvan energian direktiivi (RED eli Renewable Energy Directive) asettaa tavoitteet uusiutuvan energian käytölle jäsenvaltioissa. Direktiivi julkaistiin vuonna 2009 ja se kannustaa uusiutuvan energian käyttöön eri energiantuotannon sektoreilla, kuten lämmön- ja sähköntuotannossa sekä liikenteessä. Se sisältää tavoitteita ja vaatimuksia muun muassa biopolttoaineiden osuuden kasvattamiseen sekä uusiutuvalla sähköntuotannolle. Uusiutuvan energian direktiivin tarkoituksena on edistää kestävästä energiajärjestelmästä, vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja kiihdyttää uuden energiateknologian kehittymistä. Se on osa EU:n strategiaa ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja kestävästä kehityksen edistämiseksi. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä 2009: 16–17, 21, 23.)

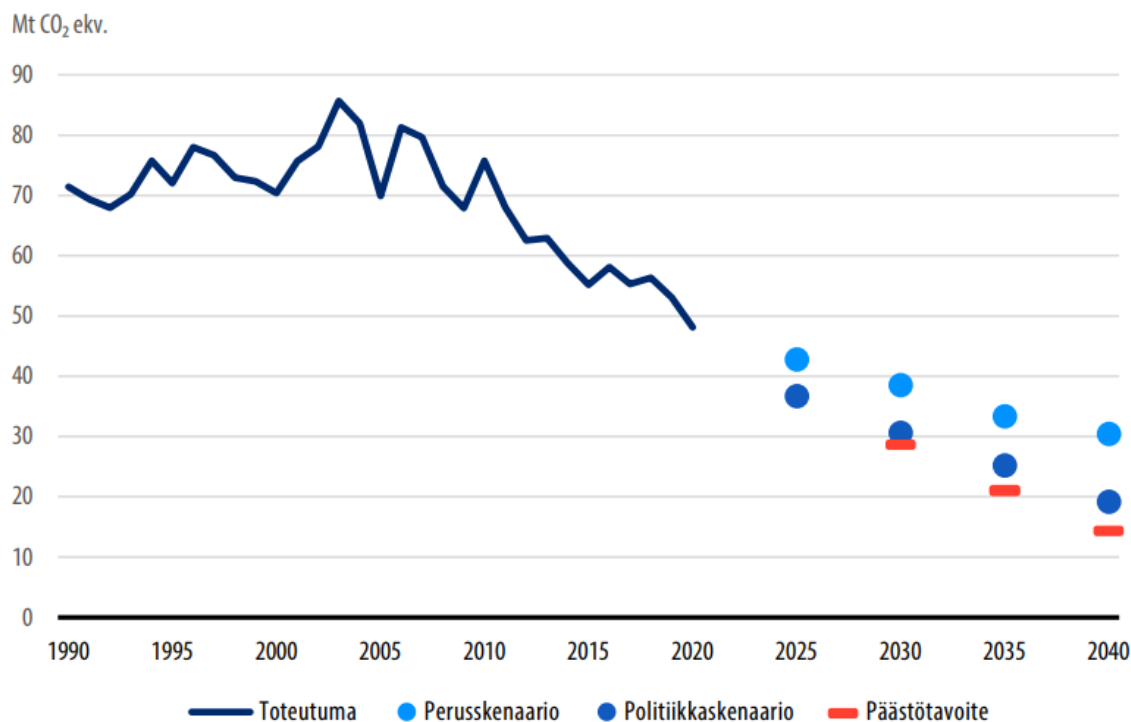
Euroopan komission, parlamentin ja EU:n neuvoston trilogineuvotteluiden lopputuloksena (30.3.2023) valmisteilla olevan direktiivipäivityksen uusiutuvan energian osuutta korotetaan vastaamaan 55-valmiuspaketin tavoitteita. Aiemmin asetettu 32 prosentin uusiutuvan energian osuus nostetaan 42,5 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä koko EU:n alueella. (Uusiutuvan energian direktiivistä saavutettu kunnianhimoinen sopu EU:n trilogineuvotteluissa 2023.)

2.2 Rakennusten energiankäyttö ja ilmastotavoitteet Suomessa

Rakennukset ovat merkittävä energian loppukäyttäjä Suomessa. Rakennusten osuus on noin 40 prosenttia Suomen energiankulutuksesta. Rakennuksiin kohdistetuilla energiatehokkuustoimilla voidaan pienentää rakennusten energiankulutusta ja ilmastonmuutosta aiheuttavia kasvihuonepäästöjä. (Rakennusten energiatehokkuus.) Rakennuskanta on pääosin yksityisomisteista, ja julkisen sektorin hallinnoimien rakennusten osuus Suomen rakennuskannasta on alle 10 prosenttia (Rakentaminen ja rakennukset 2022).

Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuudella on suuri merkitys rakennuskannan energiankulutukseen, koska rakennuskanta uusiutuu vain noin 1–2 prosenttia vuosittain. Rakennuksen elinkaaren ajan päästöt muodostuvat pääosin sen käytön aikana. Korjausrakentamiseen kohdistetut energiankäyttöä tehostavat toimenpiteet ovat keskeisiä päästövähennyksen kannalta. Uudisrakentamiseen kohdistettujen toimenpiteiden vaikutus rakennuskannan päästöihin näkyy vasta pitkällä aikavälillä. (Rakentaminen ja rakennukset 2022.)

Suomi on sitoutunut muiden EU-maiden kanssa ilmastovelvoitteeseen pienentää kasvihuonepäästöjä vuoteen 2030 mennessä vähintään 55 prosenttia. Suomi on asettanut kansallisessa ilmastostrategiassa tavoitteeksi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 60 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä. (Huttunen ym. 2022: 68, 71.) Näiden tavoitteiden saavuttamista ohjaa ilmastolaki (Ilmastolaki 2022). Suomen kokonaispäästöjen kehitystä on arvioitu perusskenaariolla ja politiikkaskenaariolla. Tehtyjen päätösten ja Hiilineutraali Suomi 2035 -toimenpiteiden vaikutus päästötavoitteeseen on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Suomen kokonaispäästöt vuosina 1990–2020 ja kokonaispäästöjen kehitys eri skenaarioilla (Huttunen ym. 2022: 69).

2.3 Rakennusten älyvalmiusindikaattori

Rakennusten älyvalmiusindikaattorilla (Smart Readiness Indicator, SRI) tarkoitetaan arviointimenetelmää, joka mittaa rakennuksen valmiutta hyödyntää älykkäitä teknologioita ja ratkaisuja. Rakennusten älyvalmiusindikaattorista käytetään myös nimityksiä älyindikaattori ja älyratkaisuvalmiutta koskeva indikaattori. (Rakennusten älyindikaattori 2023.) Sen sisällöstä on säädetty Rakennuksen energiatehokkuusdirektiivissä (2010/31/EU) ja EPBD-direktiiviä täydentävässä asetuksessa 2020/2155 (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta 2010 ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten älyvalmiuden luokitusjärjestelmästä 2020).

Älyvalmiusindikaattorilla arvioidaan rakennusten kolmea keskeistä ominaisuutta:

- kykyä ylläpitää energiatehokkuutta ja mukauttaa energiankulutusta esimerkiksi uusiutuviin energiamuotoihin
- kykyä mukauttaa toimintaa huomioiden käyttäjän tarpeet, terveelliset sisäilmasto-olosuhteet sekä kykyyn raportoida energiankäytöstä
- kokonaissähkökysynnän joustavuutta ja rakennuksen kykyä osallistua sähköverkon kysynnänohjaukseen.

Älyvalmiuden arvioinnissa voidaan huomioida myös järjestelmien yhteentoimivuutta ja viestintäverkkojen myönteistä vaikutusta. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta 2010.) Rakennusten älyvalmiuden taso osoitetaan älypistemäärällä, jonka perusteella rakennukselle määritellään älyvalmiusluokitus.

2.4 Energiakatsastukset ja -katselmukset

Suomessa tehtävät energiakatselmukset voidaan jakaa yritysten koon mukaan vapaaehtoiisiin ja pakollisiin katselmuksiin. Toisaalta katselmukset voidaan jakaa rakennustyyppin mukaisesti, esimerkiksi palvelusektorin-, teollisuuden- tai energia-alan erityyppisten rakennusten mukaisesti. (Hietaniemi ym. 2004: 10.)

Energiakatselmuksen sisältöön kuuluu kohteen energiankäytön nykytilan tarkastelu, olemassa olevien järjestelmien energiatalouden arviointi ja energiataloudellisesti perusteltavissa olevien toimenpide-ehdotusten laatiminen. Raporttiin kuuluu edellä mainittujen toimien raportoinnin lisäksi yhteenvedon laatiminen, jossa käsitellään kohteen energiatalous ja ehdotetut energiansäästötoimenpiteet. Energiakatselmuksen tarkastelukohteina ovat taloteknisten LVISAJ-järjestelmien lisäksi rakennuksen ulkoilmaan rajoittuvat ikkunat, ulko-ovet ja ulkovaipparakenteet. (Hietaniemi ym. 2004: 15.)

Vapaaehtoiset energiakatselmukset on suunnattu PK-yrityksille, kunnille ja säätiöille kannustimiksi energiankäytön tehostamiseen ja ympäristöpäästöjen keventämiseen. Vapaaehtoiset energiakatselmukset ovat työ- ja elinkeinoministeriön tukemia, saatava tuki on 40–50 prosenttia. Myönnettävän tuen suuruus riippuu siitä, kuuluuko tuen hakija energiatehokkuussopimukseen. (Tuetut energiakatselmukset 2023.)

Energiatehokkuuslain velvoittamana suurten yritysten on tehtävä energiakatselmus neljän vuoden välein. Suurella yrityksellä tarkoitetaan toimijaa, jonka palveluksessa on vähintään 250 työntekijää tai liikevaihto ylittää 50 miljoonaa euroa ja tase on yli 43 miljoonaa euroa. Veloitteesta tosin voi vapautua tietyillä edellytyksillä, mikäli toimijan käytössä on energiatehokkuusjärjestelmä ja energiatehokkuussopimus tai määritellyt sertifioidut energianhallintajärjestelmät. (Energiatehokkuuslaki 2014.)

2.4.1 Energiakatsastus

Kestävän kehityksen edistämiseen keskittynyt valtio-omisteinen Motiva Oy on laatinut ensimmäiset energiakatselmus- ja katsastusohjeistukset vuosina 2004–2005. Energiakatselmusohjeen mukaan kiinteistön energiakatsastuksella tarkoitetaan pienille palvelurakennuksille kohdistettua energiakatselmusta. Energiakatsastuksen sisältö on suppeampi kuin suurempien ja taloteknisesti vaativampien rakennusten energiakatselmus. (Hietaniemi ym. 2004: 10.)

Motivan energiakatsastus suoritetaan energian ja veden käytön kokonaistarkasteluna, jonka perusteella laaditaan toimenpide-ehdotuksia energiansäästön saavuttamiseksi ja uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattamiseksi (Ahonen ym. 2005: 9).

2.4.2 Täsmäkatselmus

Motiva pilotoi vuosina 2021–2022 rajattuja energiakatselmuksia, joita kutsutaan täsmäkatselmuksiksi. Täsmäkatselmuksessa pyritään osoittamaan toimenpiteitä, joilla parannetaan energiatehokkuutta sekä kasvatetaan uusiutuvan energian käytön osuutta tai muulla tavoin pienennetään rakennuksen hiilijalanjälkeä. Täsmäkatselmus voidaan kohdistaa rakennusosiin, järjestelmiin tai osakokonaisuuksiin, mikäli ei haluta tai ei ole tarpeen selvittää kokonaisvaltaisesti rakennuksen energiankäytön tehostamismahdollisuuksia. Täsmäkatselmus soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa halutaan keskittyä jo osin tunnistettuun potentiaaliin. (Heinero 2022: 5–6.)

Täsmäkatselmuksille ei ole määritelty toteutus- tai raportointitapaa. Työn raportoinnin sisällöstä sovitaan asiakkaan kanssa tapauskohtaisesti. Täsmäkatselmuksen tulee kuitenkin aina sisältää toimenpide-ehdotusten säästölaskelmat, ja niiden perusteet pitää dokumentoida. (Täsmäkatselmus 2023.) Täsmäkatselmusten toteuttaminen on vapaaehtoista ja ne on suunnattu PK-yrityksille, kunnille ja säätiöille, joiden kiinteistösalkkuun kuuluu yli 10 000 m³ kohteita tai yli 40 000 € vuotuisten energia- ja vesikustannusten kohteita (Täsmäkatselmus 2023).

2.4.3 Energiatodistus

Energiatodistus on rakennukselle laskennallisesti määritelty vakioituun käyttöön perustuva energialuokitus. Energiatodistuksen energiatehokkuuden vertailulukuna käytetään E-lukua, jonka perusteella rakennukselle määritellään energiatehokkuusluokka. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017.) Energiatodistuksessa esitetään vakioidun käytön mukaisen laskennallisen ostoenergiankulutuksen lisäksi toteutunut ostoenergiankulutus, mikäli tieto on saatavilla (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013). Energiatodistusta käytetään työkaluna rakennusten energiatehokkuuden vertailuun.

Olemassa olevien rakennusten energiatodistuksessa esitetään keskeiset toimenpiteet rakennuksen E-luvun parantamiseksi. Toimenpide-ehdotuksiin voidaan kirjata muutoksen vaikutus lämmitysenergia, sähköenergian ja tilojen jäähdytysenergian kulutukseen sekä niiden vaikutus rakennuksen E-lukuun. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1048/2017.) Energiatodistuksen laatijan on huomioitava rakennuksen asiakirjat, paikan päällä tehdyt havainnot sekä rakennuksen käyttäjän tai ylläpitohenkilökunnan kommentit energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden selvittämiseksi. Rakennuksen haltija tai omistaja on velvollinen toimittamaan tarvittavat lähtötiedot energiatodistuksen laatijalle. (Näin luet energiatodistusta 2022.)

2.4.4 Katselmustoiminta muissa maissa

Yhdysvallat

Yhdysvalloissa toimiva, merkittävä LVIJ-alan edistämistä tekevä järjestö ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) on julkaissut energiakatselmusoppaan vuonna 2004 (päivitetty painos 2011). Siinä käydään läpi katselmuksessa tehtävien tarkastusten ohjeistusta ja esitetään erilaisia raportointitapoja. Tämä julkaisu on osoitettu energiakatselmusten tilaajille, katselmusta suorittaville tahoille sekä erilaisille kiinteistöjen kanssa toimiville konsulteille. (Procedures for Commercial Building Energy Audits: 2004)

ASHRAE esittää katselmuksille kolmea eri tasoa, jotka kuvastavat katselmuksen kompleksisuutta. Kompleksisuuden kasvaessa raportoinnin tarkkuustaso kasvaa, joka johtaa suuremman energiansäästöpotentialin löytämiseen. (Baechler ym. 2011: 2.)

Tasolla I kohteessa tehdään pintapuolinen arvio (energia-arviointi). Arviointi tehdään energian päämittaroinnin ja lyhyen kohdekäynnin havaintojen perusteella. Tason I raportti tuo esiin matalan investointitarpeen säästömahdollisuuksia ja merkittävimpiä parannustoimenpiteitä. Tasolla II kohteen energiankäyttöprofiilia tarkastellaan energiankulutuksen, energiakustannuksen ja rakennuksen ominaispiirteiden perusteella (energiatarkastus tai energiakatselmus). Tason II raportti sisältää matalan investointitarpeen säästömahdollisuuksien lisäksi energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, joissa on huomioitu toimeksiantajan investointisuunnitelmat. Tasolla III kohteesta tehdään laaja katsaus, jossa kohteen dataa hyödynnetään laajemmin kuin tasoissa I tai II (energia-analyysi). Tason III raportti sisältää kattavan katsauksen kohteen energiataloudesta, jossa on huomioitu tilaajan investointitavoitteet. (Baechler ym. 2011: 2.)

Pohjoismaat

Pohjoismaissa Suomen lisäksi Tanskassa on säädetty laki suuria yrityksiä koskevista pakollisista energiakatselmuksista. Molempien maiden energiakatselmuksiin liittyvä lainsäädäntö perustuu EU:n energiatehokkuusdirektiiviin (2012/27/EU) ja sitä edeltäneisiin direktiiveihin (2004/8/EC ja 2006/32/EC). Tanskan energiakatselmuslainsäädännön sisältö noudattelee pääpiirteittäin Suomen lainsäädäntöä, jonka voidaan päätellä johtuvan taustalla olevasta yhteisestä direktiivistä. Tanskassa energiakatselmoijan pätevyyden myöntää DANAK (The Danish Accreditation Fund). (Energiatehokkuuslaki 1429/2014; Bekendtgørelse om obligatorisk energisyn i store virksomheder 2014.)

3 Energiakatsastukset Senaatissa

Senaatti-konserni on sitoutunut kansalliseen hiilineutraaliusohjelmaan, jonka tavoitteena on saavuttaa hiilineutraali vuokraustoiminta vuoteen 2030 mennessä ja valtion käytössä olevien toimitilojen hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Senaatin energiakatsastusohjelma kohdistuu merkittävään kiinteistökantaan ja sillä edistetään Senaatti-konsernin energiankäytön tavoitteiden saavuttamista. (Energiakatsastuspalvelu 2023: 3–4; Näin Senaatti leikkaa päästöjä vuoteen 2035 mennessä 2022.)

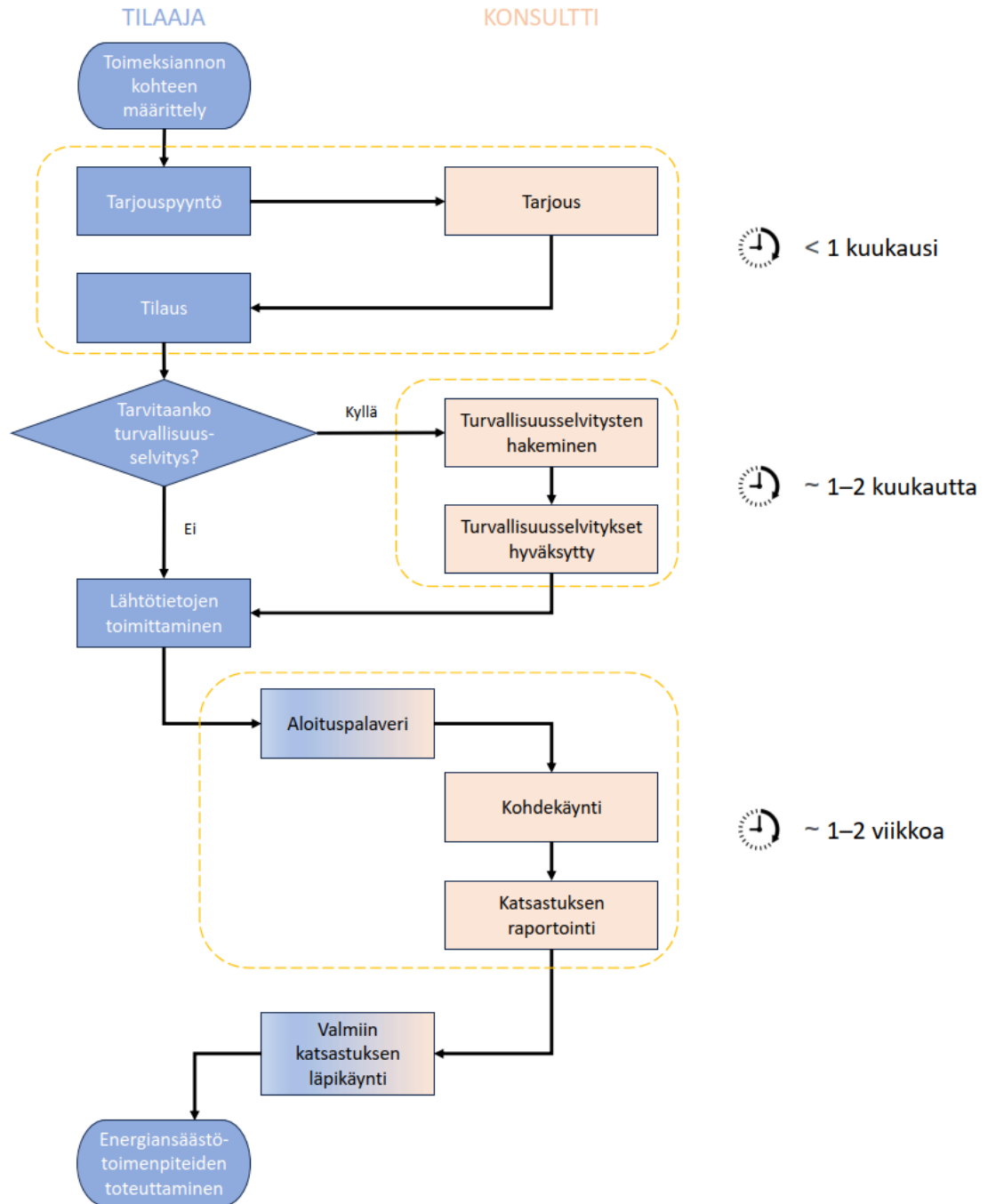
Senaatti-kiinteistöjen energiakatsastuksessa kartoitetaan rakennuksen energiankäytön nykytila, jonka perusteella tarkoituksena on löytää energiatehokkuuden kannalta merkittävimmät parannuskohteet. Energiakatsastuksen keskeinen tavoite on selvittää kannattavat energiansäästötoimenpiteet ja varmistaa niiden toteutuminen sekä ylläpitää ja kehittää rakennuskannan energiatehokkuutta (Energiakatsastuspalvelu 2023: 5). Toisin kuin muissa katsastusmalleissa, energiakatsastuksessa keskitytään järjestelmien toiminnallisuuteen ja energiatehokkuutta parantavien ratkaisujen löytämiseen. Energiakatsastuksen avulla pyritään löytämään kohteita, joihin on kannattavaa toteuttaa lämpöpumppujärjestelmä täydentäväksi lämmitysjärjestelmäksi tai hukkalämpöjen kierrättämiseen. (Katsastusten ohjeistus, energiakatsastukset 2023.)

Energiakatsastuksen sisällöstä on rajattu pois seuraavat osa-alueet:

- rakennustekniset osat
- LVIAJS-järjestelmät, joilla ei ole suoraa vaikutusta energian käyttöön
- tietotekniset sähköjärjestelmät
- kiinteistön ylläpidon kehitystarpeet
- kiinteistön vedenkulutus, pois lukien käyttöveden lämmitys
- kiinteistön käyttö ja huolto
- kiinteistöhoitajien toiminta ja osaaminen
- kiinteistön ongelmat, joilla ei ole vaikutusta energian käyttöön

(Energiakatsastusohje 2023: 3).

Energiakatsastuksen toimintamalli voidaan esittää prosessikaaviossa (kuva 3), joka havainnollistaa katsastustoiminnan eri vaiheita ja niiden välistä hierarkiaa.



Kuva 3. Energiakatsastusprosessin vaiheiden vuokaavio.

3.1 Katsastustoiminta Senaatissa

Senaatin toimintaa ohjaa konsernille määritelty laki Senaatti-kiinteistöistä ja Puolustuskiinteistöistä. Senaatti-konsernin liikelaitosten tehtävänä on toimia

kiinteistö- ja toimitilaliiketoiminnan toimialalla tuottaen määriteltyjä palveluja valtion tarpeisiin. Liikelaitosten tehtävänä on myös huolehtia hallinnassaan olevien kiinteistöjen ylläpidosta, kiinteistöjen myynnistä ja hankinnasta. (Laki Senaatti-kiinteistöistä ja Puolustuskiinteistöistä 2020.)

Senaatti-kiinteistöjen katsastustoiminta alkoi vuonna 2017 rakennuskatsastuksilla, joihin kuuluu rakenne- ja ilmanvaihdon katsastukset. Rakennekatsastus on rakenteiden ja ilmanvaihdon sisäilmapainotteinen kuntoarvio. (Rakenteiden ja ilmanvaihdon katsastukset 2.0 2020: 4.) Rakennuskatsastukset ovat osa Senaatti-kiinteistöjen toimintatapaa, jossa sisäilmaan kohdistuvat riskit kartoitetaan ennakoivasti. Katsastukset ovat osoittautuneet tehokkaaksi tavaksi kerätä haluttua tietoa suuresta kiinteistömassasta, jonka avulla kunnossapitorahaa voidaan ohjata paremmin. (Pipatti ym. 2018: 10.)

Energiakatsastuspalvelu Senaatti-konsernin kiinteistöissä toteutetaan julkisella puitesopimuskilpailutuksella valituilla katsastuskonsulteilla. Energiakatsastuspalveluun sisältyy myös kohdekohtaisten energiatehokkuusselvitysten laatimista ja energiansäästötoimenpiteiden suunnittelua. Sopimuskausi on 2024–2027. (Energiakatsastuspalvelu 2024–2027 Senaatti-konserni 2023.)

3.2 Lähtötiedot ja valmistelevat toimenpiteet

Energiakatsastukseen pitää nimetä vastuullinen katsastaja, jolla on oltava vähintään viiden vuoden työkokemus. Vastuullinen energiakatsastaja hyväksytään tilaajalla, eli Senaatti- tai Puolustuskiinteistöillä. Katselmoijien hyväksynnässä luetaan hyväksi Motivan energiakatselmoijan pätevyyden lisäksi mahdolliset muut LVIAS-pätevydet. Vastuullinen energiakatsastaja huolehtii katsastuksessa tarvittavien muiden asiantuntijoiden (LVIAJ- tai sähköasiantuntija) käytöstä, mikäli kohteen teknisten järjestelmien laajuus sitä edellyttää. (Energiakatsastusohje 2023: 4.)

Kaikille katsastukseen osallistuville henkilöille haetaan turvallisuusselvitys ja näiltä henkilöiltä vaaditaan myös vaitiolositoumuksen täyttämistä. Kiinteistön

käyttäjät saattavat edellyttää kohdekohtaista turvallisuusselvitystä, jonka tarve on varmistettava kohteen kiinteistöpäälliköltä. (Energiakatsastusohje 2023: 4.)

Energiakatsastuksen tilauksen yhteydessä kohteen kiinteistöpäällikkö sopii aloituspalaverista, jossa käydään läpi katsastukseen liittyviä asioita, kuten lähtötietojen hankkiminen, aikataulutus, tiedottaminen, katsastuksen laajuus ja muut kohteen erityispiirteet. Aloituspalaveriin osallistuu kiinteistöpäällikkö, vastuullinen energiakatsastaja, kiinteistönhoitaja, kiinteistönhoidon kohdevastaava ja tarpeen mukaan käyttäjän edustaja sekä talotekniikan asiantuntija. (Energiakatsastusohje 2023: 5–6.)

Katsastajan on kerättävä ja tutustuttava kohteen lähtötietoihin ennen kohdekierrosta (taulukko 1). Lähtötiedot kerätään käytössä olevasta tietojärjestelmästä, johon on pyydettävä tarvittavat käyttöoikeudet. Tarvittavia lähtötietoja ovat esimerkiksi kohteen laajuus, tekniset järjestelmätiedot, huoltohistoria, suoritettujen peruskorjaukset, energiankulutuksen historiadata, energiatodistuksen tiedot ja mahdolliset aiemmat energiakatselmukset. (Energiakatsastusohje 2023: 4.) Tavoiteltavaa on, että katsastajalla on käytössä kaikki saatavilla oleva tieto havaintojen tekemistä varten. Katsastajan on tärkeää käydä kiinteistöpäällikön ja kiinteistönhoitajan kanssa läpi kaikki energiakulutukseen liittyvät asiat ja muodostaa käsitys siitä, mikä on kyseisen rakennuksen energiatehokkuuden tila ja mitkä ovat potentiaaliset energiansäästökohteet, joihin energiakatsastuksen kenttätyö voidaan kohdistaa.

Katsastuksen valmistelevat tehtävät tulee olla suoritettuna ennen kohdekäyntiä (taulukko 1) (Energiakatsastusohje 2023: 4). Kohdekäyntiä ennen tehtävien töiden työmääräarvio on 20 % kohteen kokonaistyömäärästä (Energiakatsastuspalvelu 2023: 13).

Taulukko 1. Energiakatsastuksen valmistelevat toimenpiteet ennen katsastuksen suoritusta. K=katsastaja ja KP=kiinteistöpäällikkö.

TEHTÄVÄ	VASTUU		
	K	KP	Huom.
Vastuullisen katsastajan nimeäminen	X		Työkokemus vähintään 5 vuotta
Katsastajan hyväksyminen		X	
Turvallisuusselvityksen haku	X		
Mahdolliset kohdekohtaiset turvallisuusselvitykset		X	Tarve ilmoitetaan katsastajalle
Kohdekäynnin ajankohdan sopiminen	X		Sovitetaan käyttäjän kanssa
Lähtötietoihin tutustuminen	X		Pyydetään käyttöoikeudet
Aloituspalaveri		X	Kutsutaan katsastaja, kiinteistönhoitaja, kohdevastaava, käyttäjän edustaja, TATE-asiantuntija

3.3 Kohdekäynti

Kohdekäyntiin osallistuu katsastajan lisäksi kohteen hyvin tunteva huoltohenkilö. Kohdekäynnillä katselmoidaan rakennuksen sisätilat ja ulkoalueet mahdollisimman kattavasti, kuitenkin kohteen koko huomioiden. Sisätilojen katselmus kohdistuu erityisesti teknisiin tiloihin, jotta rakennuksen järjestelmistä saadaan riittävästi tietoja. Energiakatsastus kohdennetaan tiloihin, joissa käyttäjät pääosin työskentelevät ja niitä palveleviin laitteisiin. (Energiakatsastusohje 2023: 6.)

Kohdekäynnin arvioitu kesto on 1–2 työpäivää henkilöä kohden, kohteen koosta riippuen. Käytännössä pienemmän kohteen katsastus suoritetaan yhden työpäivän aikana ja suurempi kohde jaetaan useampaan katsastuspäivään. (Energiakatsastusohje 2023: 7). Kohteella tehtävien töiden osuus on noin 50 % katsastukseen käytettävästä kokonaistyömäärästä (Energiakatsastuspalvelu 2023: 13).

3.4 Auditointipisteet

Energiakatsastus suoritetaan katsastusohjeessa esitetyn katsastuskortin mukaisesti. Katsastuskorttiin on merkitty tekijöitä, joiden mukaan auditointipisteen kuntoluokka määräytyy. Arvioinnissa otetaan erityisesti huomioon asiat, joilla on vaikutusta energiatehokkuuteen. Katsastuksen nimikkeistö noudattaa pääosin LVI 2010 -nimikkeistöä. (Energiakatsastusohje 2023: 3, 7.)

Auditoitavat järjestelmät jaetaan pääotsikoihin A–H. Pääotsikon alla olevan ryhmän arvosanan keskiarvo esitetään auditointiraportissa.

3.4.1 Yleinen

Auditoinnin yleinen osa (A01–A06) sisältää arvioitavat osa-alueet: energiatodistus, energian mittarointi, pohjakuormat, ominaiskulutukset, energiankierrätyspotentiaali ja uusiutuvan energian potentiaali (Energiakatsastusohje 2023: 13–18).

Auditointipiste A01 energiatodistus pisteytetään kohteesta laaditun energiatodistuksen E-luvun mukaan (liite 1) (Energiakatsastusohje 2023: 13). E-luku on rakennuksen energiamuodon kertoimella painotettu laskennallinen ostoenergiankulutus, joka lasketaan rakennuksen käyttötarkoitukseluokan mukaisella vakioidulla käytöllä (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017).

Auditointipisteessä A02 energian mittarointi arvioidaan energiankulutuksen seurannan tasoa (liite 1). Energiankulutuksen seuranta ja analysointi on olennaista rakennuksen energiatehokkuuden kannalta. Riittävän tarkan mittausdatan kerääminen, seurattavien tunnuslukujen määrittäminen ja mitatun tiedon jalostaminen ohjaavat kohti parempaa energiatehokkuutta ja kustannussäästöjä. (Energiakatsastusohje 2023: 13.)

Auditointipisteessä A03 pohjakuormat tutkitaan rakennuksen alhaisimman kulutuksen tasoa (liite 1). Pohjakuorman analysoinnilla pyritään tunnistamaan kohteita ja ryhmiä, joiden kulutus on poikkeuksellisen korkealla tasolla käyttöajan

ulkopuolella. Pohjakuormien pienentämisellä voidaan saavuttaa energiansäästöä, joka ei vaadi suuria investointeja. (Energiakatsastusohje 2023: 14.)

Auditointipisteessä A04 ominaiskulutukset rakennuksen energiankulutusta vertaillaan samantyyppisten rakennusten energiankulutukseen (liite 1). Vastaavalla rakennuksella tarkoitetaan iältään- ja varustelutasoltaan samankaltaista rakennusta. Suuren ominaiskulutuksen voidaan tulkita kuvaavan syntyvää energianhukkaa. (Energiakatsastusohje 2023: 15.)

Auditointipisteessä A05 energiankierrätyspotentiaali rakennuksen paljon energiaa käyttävien järjestelmien energiankierrätyksen tila ja potentiaali arvioidaan (liite 1). Energianhukkaa saattaa muodostua paljon esimerkiksi hukkalämpönä ilmanvaihdon, jäähdytyksen, valaistuksen, koneiden käytön tai kylmätuotteiden säilyttämisen yhteydessä. Energiankierrätyksellä tarkoitetaan tämänkaltaisten toiminnoista syntyvien lämpövirtojen talteenottoa ja kierrätystä takaisin hyötykäyttöön esimerkiksi rakennuksen lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Energiankierrätys pienentää ostoenergian tarpeen lisäksi rakennuksen tuottamia päästöjä. (Energiakatsastusohje 2023: 16.)

Auditointipisteessä A06 uusiutuvan energian potentiaali arvioidaan mahdollisuudet, joilla voidaan lisätä uusiutuvien energianlähteiden osuutta rakennuksen energiankäytössä (liite 1) (Energiakatsastusohje 2023: 17). Uusiutuvia energianlähteitä ovat aurinko- ja tuulienergia, geoterminen energia (maaperän pinnan alle varastoitunut energia), ympäristön energia (ilma, pintavesi, jätevesi), vuorovesi- ja aaltoenergia, vesivoima, biomassa sekä biokaasu (Uusiutuva energia 2023).

3.4.2 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmät (B01-B02) sisältävät arvioitavat osa-alueet lämmityksen keskus- ja alueosille sekä lämmityksen pääteosille (liite 1). Auditointipisteessä B01 lämmityksen keskus- ja alueosat tarkastellaan rakennuksen lämmitysjärjes-

telmän keskus- ja alueosat LVI2010-nimikkeistön määritelmän mukaisessa laajuudessa (Energiakatsastusohje 2023: 18). Keskusosiin luetaan muun muassa alakeskukset, siirtimet, lämpömäärän mittauslaitteistot, kattilalaitteistot, polttoaineen varastointilaitteistot, maa- ja ilmalämpöpumppulaitteistot, aurinkolämpölaitteistot, pumput ja tuloilmalaitteistot. Alueosiin kuuluu muun muassa kauko- ja aluelämpöverkostot, lämpökeskukset ja lämmön varastointilaitteistot. (LVI2010-nimikkeistö 2011: 2.)

Lämmityksen pääteosat B02 sisältävät LVI2010:n mukaiset pääteosat, joita ovat lämmityspatterit, säteilylämmittimet, lattialämmitysputkistot, kiertoilmalämmittimet, tuloilmalämmittimet, jälkilämmittimet, tilakohtaiset lämmityslaitteistot ja muut lämmitysjärjestelmien pääteosat (LVI2010-nimikkeistö 2011: 2).

3.4.3 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Vesi- ja viemärijärjestelmistä arvioitava osa-alue on lämpimän käyttöveden keskusosat. Auditointipisteessä C01 käyttöveden lämmitysjärjestelmä (liite 1) arvioidaan LVI2010-nimikkeistöstä vesimittarit, paineenkorotuspumput, säiliöt, lämmönsiirtimet, varaajat, lämpimän ja lämpimän käyttöveden pumput. (Energiakatsastusohje 2023: 21; LVI2010-nimikkeistö 2011: 2.) Ne vesi- ja viemärijärjestelmien osat, joihin ei liity merkittävää energiankäyttöä rakennuksessa, on rajattu katsastuksen ulkopuolelle.

3.4.4 Ilmastointijärjestelmät

Ilmastointijärjestelmistä arvioidaan keskusosat, joille tehty luokitus viedään auditointipisteelle D01 ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat (liite 1). Ilmastoinnin keskusosilla tarkoitetaan LVI2010-nimikkeistön mukaisesti ilmankäsittelykoneita osineen, poistoilmakoneita, liesituulettimia, kierrätysilmakoneita, tuloilmakoneita, ulkosäleikköjä, sulkupeltejä, suodattimia, pattereita, kammioita, sekoitusosia, mittausosia, äänenvaimentimia, taajuusmuuttajia, suodatin-, kostutus-,

lämmöntalteenottolaitteistoja, ulospuhallusilman puhdistuslaitteistoja sekä ulospuhallushajottimia. (Energiakatsastusohje 2023: 22; LVI2010-nimikkeistö 2011: 3.)

3.4.5 Jäähdytysjärjestelmät

Jäähdytysjärjestelmistä arvioidaan LVI2010-nimikkeistössä määriteltyjen keskusosien mukaisesti vedenjäähdytyskoneet, suora- ja epäsuora- höyrysiirtimet, lämpöpumput, kompressorilaitteistot, höyrysiirtimet, lauhduttimet, lämmönsiirtimet, säiliöt, pumput, paisuntaventtiilit ja muut jäähdytysjärjestelmän keskuskomponentit. Jäähdytysjärjestelmien keskusosien luokitus viedään auditointipisteelle E01 jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat (liite 1). (Energiakatsastusohje 2023: 24; LVI2010-nimikkeistö 2011: 3.)

3.4.6 LVI-erityisjärjestelmät

Auditointipisteessä F01 LVI-erityisjärjestelmät (liite 1) arvioidaan kiinteistön sellaiset järjestelmät, jotka eivät kuulu edellä mainittuihin LVI-perusjärjestelmiin. Erityisjärjestelmiin kuuluu LVI2010-nimikkeistön mukaan rakennuksen paineilma-, kaasu-, höyry-, neste-, uima-allas-, ilmatekniset- ja polttomoottorien LVI-järjestelmät. Erityisjärjestelmiä ovat esimerkiksi prosessikaasu-, polttoaine-, allasveden käsittely-, purunpoisto- ja pakokaasujen poistojärjestelmät. (Energiakatsastusohje 2023: 25; LVI2010-nimikkeistö 2011: 4–6.)

3.4.7 Sähköjärjestelmät

Sähköjärjestelmät (G01-G02) sisältävät arvioitavat osa-alueet valaistukselle sekä sähköisille lämmityksille ja sulanapitojärjestelmille (liite 1). Auditointipisteessä G01 valaistus arvioidaan rakennuksen valaisimien toiminta, sijoittelu ja ohjaustekniikka. Käyttöaikojen ulkopuolinen valaistus on yksi eniten esiintyvä valaistukseen liittyvä energiatehottomuus. (Energiakatsastusohje 2023: 27.)

Sähköiset lämmitykset ja sulatukset G02 sisältävät niihin kuuluvien järjestelmien ohjauksen ja ohjauksien yhteistoiminnan vaikutuksen arvioinnin. Auditointipisteessä arvioidaan esimerkiksi luiskalämmityksien, rännilämmitysten ja sähköisten huonelämmityksien tehoa, säätötapaa ja lämpötilaa. (Energiakatsastusohje 2023: 28.)

3.4.8 Rakennusautomaatio ja säädöt

Rakennusautomaatio ja säädöt sisältävät auditointipisteen H01 rakennusautomaatiojärjestelmä (liite 1). Rakennusautomaatiolla valvotaan ja optimoidaan rakennuksen käyttöä, jotta halutut olosuhteet ja toiminnallisuudet saavutetaan. Rakennusautomaatio mahdollistaa taloteknisten järjestelmien tarpeenmukaisen ohjauksen ja käyttöaikojen ulkopuolisen energiansäästön. Rakennuksen olosuhdeseurannan pitää tuottaa luotettavaa dataa, jotta taloteknisiä järjestelmiä voidaan ohjata energiatehokkaasti. (Energiakatsastusohje 2023: 29.)

3.5 Havaintojen arviointi ja raportointi

Katsastuskorttien auditointipisteiden arviointi perustuu pääsääntöisesti aistinvaraiseen ja pistokoeluontoihin havaintoihin. Laajoissa kohteissa kiinteistön laitteista tarkastetaan 10–30 %, kun taas pienemmissä kohteissa käytännössä kaikki laitteet tarkastetaan. Mikäli laitteen toiminnassa havaitaan energiataloudellista tehottomuutta, pitää havainto kirjata huomiona mittaustarpeesta. (Energiakatsastusohje 2023: 7.)

Katsastuskorttien arviointi on jaettu viiteen arviointiluokkaan (taulukko 2). Arviointiluokan määräytymisessä suuri painoarvo on tekijöillä, jotka vaikuttavat rakennuksen energiatehokkuuteen. (Energiakatsastusohje 2023: 7–8.)

Taulukko 2. Energiakatsastuksen auditointipisteiden arviointi.

Luokka 1: (Pakollinen PTS-toimenpide)
Tutkimus- ja/tai korjaustarvetta, johon liittyy suuri säästöpotentiaali.
Todettu / ilmeinen laitteen tai järjestelmän energiatehottomuus, jonka uusiminen on kannattavaa
Korjaustarve välittömästi 1 vuoden sisällä.
TAI
Suuri säästöpotentiaali saavutettavissa kokonaan uudella teknisellä järjestelmällä, esimerkiksi lämpöpumppu- tai energiankierrätysjärjestelmällä.
Luokka 2: (Pakollinen PTS-toimenpide)
Tutkimus- ja/tai korjaustarve, johon liittyy hyvä säästöpotentiaali osassa laitteistoa tai järjestelmää.
Tiedossa olevaa energiatehottomuutta, jota ei ole jostain syystä korjattu ja haitat on saatu tilapäisratkaisuilla hallintaan.
Poikkeavat, ylimääräistä energiankäyttöä aiheuttavat olosuhteet, jotka vaativat lisätutkimusta.
Korjaustarve lyhyellä aikavälillä (2–4 vuotta).
TAI
Kohtalainen säästöpotentiaali saavutettavissa kokonaan uudella teknisellä järjestelmällä, esimerkiksi lämpöpumppu- tai energiankierrätysjärjestelmä.
Luokka 3: (Mahdollinen PTS-toimenpide)
Vikoja ja/tai puutteita energiatehokkuudessa, johon liittyy kohtalainen energiansäästöpotentiaali.
Normaalienergiatehokkuustilanne ottaen huomioon tekninen ikä ja ominaisuudet.
Huoltokorjaustarve aikaisintaan 5 vuoden päästä.
Mahdollinen lisätutkimustarve.
Luokka 4:
Uusi tai uudehko. Ei vikoja tai puutteita energiatehokkuudessa. Eivät vaadi erityisiä toimenpiteitä.
Hyvä energiatehokkuuden taso.
Luokka 5:
Uusi tai uudehko. Ei vikoja tai puutteita energiatehokkuudessa. Eivät vaadi erityisiä toimenpiteitä.
Normaalia tasoa parempi ominaisuuksiltaan.
Erinomainen energiatehokkuuden taso.

Energiakatsastuksen luokitus poikkeaa kuntoarvion arviointiperusteista. Luokkien 1 ja 2 arvosanoille on aina tehtävä PTS-toimenpide-ehdotus, jolla osa-alueen arvosana saadaan nostettua. Toimenpide-ehdotuksen tulee sisältää energiasäästötoimenpiteen toteuttamisen kuvaus laajuusarvioineen sekä ennakoarvio investointitarpeesta ja vuosittaisesta energiansäästöstä. Toimenpiteen mahdolliset toteuttamiseen liittyvät reunaehdot ja poikkeamat kuvaillaan perusteluineen.

Raportointi tehdään kokonaislukuina ilman kirjallista raporttia. Kommenttikenttään kirjataan muistiinpanot, jotka vaikuttavat osa-alueen arvosanan määräytymiseen. Luokkien 1 ja 2 arvosanojen kirjaukset tehdään siten, että niistä ilmenee tarvittava toimenpide, havainnon laajuus ja sijainti. Hylätyille auditointiosille suoritetaan uusintakatsastus. (Energiakatsastusohje 2023: 9–11.)

Energiakatsastuksen pääotsikoille muodostuu arvosanat, jotka ovat kunkin pääotsikon alle kuuluvien auditointipisteiden keskiarvoja. Katsastuksen lopputuloksena auditoinnille määritellään painotettu tulos $\langle x \rangle$, joka on pääotsikoiden aritmeettinen keskiarvo ja auditointipisteiden painotettu keskiarvo.

$$\langle x \rangle = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

jossa

w_i on aineiston painotus (-) ja

x_i on aineisto (-).

Energiakatsastusten pisteytys voidaan esittää muodossa, jossa painotuksella esitetty kirjain merkitsee kyseisen pääotsikon arvosanaa (pääotsikot A–H).

$$\langle x \rangle = \frac{1}{8} \sum_{n=1}^6 A_n + \frac{1}{8} \sum_{n=1}^2 B_n + \frac{1}{8} C + \frac{1}{8} D + \frac{1}{8} E + \frac{1}{8} F + \frac{1}{8} \sum_{n=1}^2 G_n + \frac{1}{8} H$$

Liitteessä 2 on esitetty auditoinnin kokonaisarvosanan laskentatapa havainnollistamaan arvioinnin muodostumista. Laskenta on tehty kohteen 1 arvosanoille.

Energiakatsastus raportoidaan Granlund Manageriin, kuten rakenne- ja ilmanvaihtokatsastukset. Raportointi tehdään järjestelmän auditointi-työkalulla rakennuksen tasolle (ei hallinnollisen kiinteistön tasolle). Valmis raportti voidaan

tuoda järjestelmästä pdf-muodossa. Raportoinnin ja auditointipisteiden arvioinnin osuus on noin 20 % katsastukseen käytettävästä kokonaistyömäärästä (Energiakatsastuspalvelu 2023: 13).

3.6 Valmiin katsastuksen läpikäynti

Energiakatsastuksen tulokset käydään läpi tilaajan kanssa katsastuksen valmistuessa. Katsastajan on esitettävä katsastuksessa esitettyjen toimenpiteiden kustannusarviot, joiden perusteella kiinteistöpäällikkö päivittää kohteen PTS:n. Toimenpiteiden käynnistämisen ajoittuminen riippuu toimenpiteen energiansäästöpotentiaalista. Suuren säästöpotentiaalin toimenpiteet pyritään käynnistämään nopeasti, rakennuksen korjaustoiminta ja taloustilanne huomioiden. (Energiakatsastusohje 2023: 11.)

Valmiin energiakatsastuksen läpikäynti sisältää ehdotettujen PTS-toimenpiteiden ja jatkotoimenpiteiden kirjaamisen. Katsastusraportin läpikäynnin työmääräarvio on 10 % kohteen kokonaistyömäärästä (Energiakatsastuspalvelu 2023: 13).

3.7 Vertailu Motivan energiakatsastusmalliin

Motivan katsastuksen tavoitteiksi on esitetty kohteen energian ja veden käytön kokonaistarkastelu, säästötoimenpiteiden esittäminen sekä uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuuksien tarkastelu (Ahonen ym. 2005: 9). Senaatin energiakatsastuksen tavoitteeksi on mainittu rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen huomioimalla järjestelmien nykytila ja säästöpotentiaali. Katsastuksen järjestelmäkohtaiset tarkastelupisteet kohdistuvat myös Motivan mallin mukaiseen uusiutuvan energian käytön kasvattamiseen sekä energiatehokkuustoimien säästötoimenpiteiden kustannusarvioiden esittämiseen. Senaatin katsastusmallin mainitaan myös vastaavan sisällöltään Motivan katsastusmallia soveltuvien osin. (Energiakatsastusohje 2023: 3, 13–30.)

Motivan energiakatsastukset on tarkoitettu pienille palvelurakennuksille sekä teollisuusrakennuksille (Ahonen ym. 2005: 9). Senaatin energiakatsastuksille ei ole määritelty soveltuvia rakennustyyppisiä, vaan sitä käytetään kaikille rakennuksille. Rakennustyyppi vaikuttaa tosin määriteltävään katsastusväliin, joka on 3–5 vuotta (Energiakatsastusohje 2023: 7).

Senaatin ja Motivan energiakatsastusten prosessinkulut ovat yhteneväiset. Katsastuksen työvaiheet ovat katsastuksen käynnistys, lähtötietojen kokoaminen, aloituspalaveri, kenttätyö mittauksineen, säästömahdollisuuksien analysointi ja raportointi sekä tulosten esittely ja luovutus (Ahonen ym. 2005: 10). Motivan mallin mukaisen työn suorittaa kaksi Motivan hyväksymää henkilöä, LVI- ja sähkötekniikan asiantuntija ja Senaatin mallin mukaista työtä varten tilaajalla hyväksytetään vähintään viiden vuoden työtehtävää vastaavan työkokemuksen omaava vastuullinen katsastaja (Ahonen ym. 2005: 10; Energiakatsastusohje 2023: 4).

Motivan mallin mukaiseen energiakatsastuksen kenttätyöhön kuuluu mittauksia, jotta kohteen energiansäästömahdollisuuksia ja kulutusjakaumia voidaan selvittää. Energiakatsastuksissa noudatetaan energiakatselmustoiminnan yleisohjeiden mukaisia mittauksia, joihin voi liittyä myös tarvetta täydentäville mittauksille. LVI-järjestelmistä mitataan ja raportoidaan vähintään sisälämpötilat, ulkolämpötila, vesikalusteiden virtaamat, ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhteet ja sisäänpuhalluslämpötilat sekä kattilalaitoksen palamishyötysuhde. Sähköjärjestelmistä selvitetään ja raportoidaan vähintään tärkeimpien tyyppihuonetilojen valaistustasot sekä sähkön kuormituksen vaihtelu ja kulutuksen ajoittuminen (Ahonen ym. 2005: 11–12).

Senaatin katsastusmallissa tarkastellaan energiankäyttöä olemassa olevien mitausten perusteella. Mikäli jossain laitteessa tai järjestelmässä havaitaan viitteitä energiatehottomuudesta ja sen toteaminen edellyttää mittausta, esitetään sille mittaustarve. Mittaus toteutetaan tarvittaessa erikseen. (Energiakatsastusohje 2023: 7.) Ohjeistuksen perusteella huomataan, että Motivan mallin mukaan

tehty katsastus huomioi laajemmin kohteen energiankäyttöä, mikäli järjestelmien olemassa olevat mittauspisteet ovat suppeat. Senaatin katsastusraportoinnissa ei ohjeisteta mittauslukemien esittämistä tai numeerista analysointia, toisin kuin Motivan toimintamallissa.

Motivan energiakatsastukseen kuuluu myös energiankäytön kannalta oleellisten rakenteiden, kuten ikkunoiden ja suurten ovien energiatehokkuuden arviointi (Ahonen ym. 2005: 13). Senaatin energiakatsastuksessa tarkastellaan vain sellaisia LVIAJS-järjestelmiä, joilla on suora vaikutus rakennuksen energiankäyttöön, joten rakennetekniset järjestelmät eivät kuulu tarkastuksen laajuuteen (Energiakatsastusohje 2023: 3). Rakenneosat arvioidaan rakennuskatsastuksessa (Rakennuskatsastusohjeet 3.0 2023: 3).

Motivan energiakatsastuksessa esitettyjen toimenpide-ehdotusten tulee sisältää toteutustapa, kustannukset, säästövaikutukset ja taloudellisen kannattavuuden sekä CO₂-päästövaikutuksen tarkastelu (Ahonen ym. 2005: 13). Senaatin energiakatsastusohjeessa on määritelty, että toimenpide-ehdotuksessa esitetään toteutustapa, arvio investointitarpeesta sekä vuosittaisesta energiansäästöstä. Myös mahdolliset toteutukseen liittyvät reunaehdot ja poikkeamat kuvataan perusteluineen. (Energiakatsastusohje 2023: 9.) Näiden energiakatsastusmallien toimenpiteiden raportoinnin keskeinen poikkeavuus on siis päästövaikutusten tarkastelu, jota ei tehdä Senaatin mallissa.

Motivan katsastusraportin rakenne noudattelee energiakatselmuksen raportoinnin rakennetta. Katsastusraportti koostuu kansilehdestä, esipuheesta, neljään pääotsikkoon jaotellusta raportoinnista ja liitteistä. Raportoitavat pääotsikot ovat:

- yhteenveto kohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä
- kohteen energian käytön nykytila
- kohteen energiatalouden arviointi
- ehdotetut toimenpiteet.

(Ahonen ym. 2005: 14.)

Senaatin katsastusraportointi tehdään Granlund Managerin auditointipohjaan. Auditointi koostuu viidestätoista arvioitavasta auditointipisteestä, jotka arvioidaan luokkiin 1–5. Auditointiraporttiin ei kuulu selvitysosa, kuten kuntoarviossa, vaan katsastuskortteihin tehdään tarvittaessa tarkentavia muistiinpanoja ja toimenpide-ehdotuksia. (Energiakatsastusohje 2023: 10.)

Yhteenvedona voidaan todeta, että Senaatin ja Motivan energiakatsastusten sisällössä on paljon yhteistä tarkastelukohteita ja niiden tavoitteissa on paljon yhteneväisyyttä. Motivan energiakatsastuksen järjestelmäkohtainen tarkastelu on tarkempaa kuin Senaatin katsastusmallissa. Senaatin energiakatsastuksessa pyritään löytämään merkittävimmät kohteen energiankäyttöön vaikuttavat tekijät, ja Motivan energiakatsastuksessa pyritään löytämään kaikki järjestelmäkohtaiset energiankäyttöä tehostavat toimenpiteet. Senaatin ja Motivan energiakatsastukset raportoidaan eri periaatteilla, joten katsastusraporteilla on erilainen struktuuri.

3.8 Sisäolosuhteisiin vaikuttavat tekijät

Rakennuskatsastuksessa arvioidaan rakenneosia ja järjestelmiä, joissa ilmenneillä puutteilla on vaikutusta rakennusosien ja teknisten laitteiden kuntoon, korjausten kiireellisyyteen, riskien merkittävyyteen, rakennuksen turvallisuuteen ja sisäolosuhteisiin (Rakennuskatsastusohjeet 3.0: 8–9). Rakennuskatsastuksessa tehdään sisäilmaan vaikuttavia huomioita muun muassa rakenneteknisten riskien, ilmanvaihdon toiminnallisten puutteiden ja rakennuksen painesuhteiden tarkastelulla (Rakennuskatsastuskortit 3.0 2023).

Energiakatsastuksen ensisijainen tarkoitus ei ole sisäolosuhteiden tarkastelu tai korjaaminen. Auditointipisteiden tarkastuskohteiden ja -sisällön perusteella voidaan kuitenkin todeta energiakatsastuksen täydentävän rakennuskatsastuksen laajuutta sisäolosuhteisiin vaikuttavien tekijöiden osalta. Ilmanvaihtojärjestel-

mässä havaittu energiatehottomuus viittaa laitteen toimintahäiriöön, jolloin säädettyissä ilmavirroissa tai tuloilman lämpötilassa voi ilmetä poikkeamia heikentäen sisäilman laatua. Huonolaatuinen sisäilma koetaan tyypillisesti ilmanvaihdon riittämättömyytenä, ilman tunkkaisuutena ja erilaisia ärsytysoireita aiheuttavana (Ahonen 2023). Mikäli ilmavirtoja pienennetään energiatehokkuutta parantavana toimenpiteenä, on varmistettava, ettei sisäolosuhteita heikennetä merkittävästi.

Vuonna 2019 julkaistu Hyvä sisäilma -suositus mahdollistaa ilmanvaihdon sammuttamisen käytön ulkopuolisina aikoina niissä rakennuksissa, jotka eivät ole asuinkäytössä tai jatkuvassa käytössä. Ilmanvaihtojärjestelmään tulee tällöin järjestää 1–2 tunnin huuhtelujakso pysäytystä ennen ja jälkeen, jolla varmistetaan epäpuhtauksien poistuminen tiloista. (Hyvä sisäilma -suositukset 2019.) Koulun- ja päiväkotirakennuksista tehdyn tutkimuksen mukaan lämmitysenergiaa säästyi keskimäärin 26 prosenttia, kun ilmanvaihto suljettiin käytönajan ulkopuolella. Ilmanvaihdon osuus näiden rakennusten lämpöenergian kulutuksesta on 20–50 prosenttia. (Ilmanvaihdon sammuttaminen yöksi ei heikennä oppilaitosten koettua sisäilman laatua – säästää lisäksi lämmitysenergiaa 2023.) Yleisilmanvaihdon jaksottaisesta käytöstä huolimatta hygieniatilojen ilmanvaihto tulisi pitää jatkuvasti toiminnassa pienellä teholla, mikäli tiloihin saadaan tuotua hallitusti vastaava määrä tuloilmaa. Myös muiden jatkuvasti käyvien erillispoistojen korvausilmansaanti pitää varmistaa. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas 2019.)

Ilmavirtojen määrittelyssä tulisi aina ottaa huomioon tilan käyttö, jolloin tilamuu-
tosten myötä ilmamäärät säädetään tulevaa käyttöä vastaavaksi. On havaittu tapauksia, joissa tilan toteutunut henkilömäärä on ylittänyt suunnitellun henkilömäärän, mikä aiheuttaa tyytymättömyyttä ilmanlaatuun. Eräissä kohteissa on kokeiltu mitoitettujen henkilöiden ilmoittamista tilassa, jolloin käyttäjä voi huomioida mahdollisen ylikapasiteetin vaatimat tuuletusjaksot. (Ahonen 2023.)

Rakenneteknisesti on huomioitava ne tilat, joiden käyttötapa määrittelee tarvittavat jatkuvat olosuhteet. Märkätiloissa on varmistettava lattiapintojen lämmityksestä ja riittävästä ilmanvaihdosta pintojen kuivumisen ja miellyttävyyden vuoksi.

3.9 Energiakatsastuksen tarkastuslista

Tarkastuslistoja käytetään yleisesti erilaisissa tehtävissä prosessia ohjaavina toimintaohje- ja laadunhallintatyökaluina. Tarkastuslistalla varmistetaan määritettyjen tehtävien tai toimintojen suorittaminen asianmukaisesti ja tehokkaasti. Tarkastuslistoja käytetään muun muassa projektien hallinnassa, työtehtävien suorituksessa ja turvallisuuden varmistamisessa.

Rakennushankkeissa käytetään eri osapuolia ja työvaiheita koskevia tarkastusasiakirjoja ensisijaisesti laadunhallinnan työkaluina. Tarkastusasiakirja sisältää ne oleelliset asiat, joilla varmistetaan hankkeen toteutuksen suunnitelmien- ja määräystenmukaisuus. (Ohje tarkastusasiakirjan pitämisestä: 1.) Kuntoarvio laaditaan vakiintuneen nimikkeistön mukaan. Nimikkeistöä käytetään kuntoarvion laatimisen muistilistana, mikäli tarkempaa tarkastussuunnitelmaa ei ole laadittu (Asuinkiinteistön kuntoarvio 2019: 6).

Energiakatsastuksille laadittiin prosessin tarkastuskohteita osoittava tarkastuslista osana tätä opinnäytetyötä (liite 3). Tarkastuslistan laatimisessa hyödynnettiin Motivan energiatehokkuuden tarkastuslistaa (Energiatehokkuuden tarkastuslista 2023). Energiakatsastuksen tarkastuslista sisältää kattavan listan katsastusprosessin eri vaiheessa tehtäviä töitä. Tarkastuslistan systemaattinen seuraaminen tarkastuksen aikana helpottaa energiatehokkuustoimenpiteiden havaitsemista ja sillä pyritään varmistamaan, että katsastaja huomioi kaikki katsastukseen olennaisesti kuuluvat seikat.

Katsastusprosessin tarkalla kuvaamisella pyritään katsastusraporttien harmonisointiin, jolloin katsastukset ovat keskenään yhdenmukaisia ja mahdollisimman vertailukelpoisia. Pilottikatsastusten tulokset ja niistä saatu palaute ovat tärkeitä

tarkastuslistan sisältöön vaikuttavia seikkoja, joten ne on pyritty huomioimaan mahdollisimman tarkasti listaa laadittaessa.

4 Pilottikatsastukset

Senaatissa kehitetty energiakatsastusmalli otettiin koekäyttöön keväällä 2023, jolloin sitä pilotoitiin kahdessatoista Senaatin kiinteistössä. Pilottikatsastuksilla pyrittiin osoittamaan mallin toimivuus ja paljastamaan ne osa-alueet, joissa asetettuja tavoitteita ei kyetä halutussa laajuudessa saavuttamaan. Energiakatsastuksen tavoitteet on esitelty luvussa 3.

4.1 Pilottikohteiden esittely

Kohteiden perustiedot, kuten käyttötarkoitukset, rakennusvuodet, energiantuotantomuodot ja ilmanvaihtojärjestelmät on listattu taulukkoon 3. Vaikka rakennusten iät vaihtelevat huomattavasti, ovat niiden lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmät yhteneväisiä. Kaikkien valittujen rakennusten päälämmitysmuoto on kaukolämpö (KL). Jäähdytysenergia tuotetaan pääosin vedenjäähdytyskoneilla (VJK) sekä kolmessa kohteessa jäähdytykseen käytetään kaukojäähdytysverkostoa (KJ). Rakennuksissa on ollut rakennusajankohtana erilaisia ilmanvaihtojärjestelmiä, joita on modernisoitu esimerkiksi peruskorjauksen tai parannuksen yhteydessä. Nykyään kaikissa katsastetuissa pilottikohteissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä (KTPIV).

Taulukko 3. Pilottikohteiden perustiedot.

Kohde	Käyttötarkoitus	Rakennus- vuosi	Perus- korjattu	Bruttoala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Lämmitys	Jäähdytys	Ilmanvaihto
1	Toimistorakennus	1982	2012	27 000	88 000	KL	KJ	KTPIV
2	Toimistorakennus	1984	2009	27 000	80 000	KL	KJ	KTPIV
3	Toimistorakennus	1988	ei	15 000	81 000	KL	KJ	KTPIV
4	Kirjasto/arkisto	1890	ei tiedossa	19 000	60 000	KL	VJK	KTPIV
5	Tutkimuslaitos	2006	ei	27 000	115 000	KL	VJK	KTPIV
6	Hallintorakennus	1997	ei	13 000	51 000	KL	VJK	KTPIV
7	Hallintorakennus	1910	ei tiedossa	15 000	52 000	KL	VJK	KTPIV
8	Hallintorakennus	1992	ei	7 000	28 000	KL	VJK	KTPIV
9	Tutkimuslaitos	2004	ei	8 000	33 000	KL	VJK	KTPIV
10	Toimistorakennus	2017	ei	12 000	50 000	KL	VJK	KTPIV
11	Toimistorakennus	2005	ei	3 000	13 000	KL	VJK	KTPIV
12	Opetusrakennus	2009	ei	6 000	15 000	KL	VJK	KTPIV

4.2 Auditointipisteiden arviointien havainnot

Pilottikatsastusten tulokset listattiin taulukkomuotoon aineiston arvioinnin kokonaiskuvan muodostamiseksi (liite 4). Arviointien perusteiden määrittelyssä hyödynnettiin auditointiraporteilla esitettyjä huomioita, poikkeamia ja katsastajan esittämiä toimenpide-ehdotuksia, joita verrattiin Senaatin energiakatsastusohjeessa esitettyihin menetelmiin ja arvosteluperiaatteisiin. Pilottikatsastuksia hyödynnettiin myös auditointimenetelmien tarkoituksenmukaisuuden ja luotettavuuden arviointiin. Jokaiselle auditointipisteelle laskettiin muiden havaintojen tueksi arviointien keskiarvo, keskihajonta, mediaani ja moodi numeerista analysointia varten.

4.2.1 Energiatodistus

Energiatodistuksen havaittiin puuttuvan tai olevan vanhentunut kolmessa kohteesta, joten nämä on arvioitu luokkaan 1. Kohteen 12 energiatehokkuusluokan todettiin olevan E, mutta energiatodistus oli laadittu ennen aurinkosähköjärjestelmän asennusta. Tämän kohteen energiatodistus tulee päivittää nykytilannetta vastaavaksi ja tarkastaa, nouseeko rakennuksen energiatehokkuusluokka luokasta 2. Kohteen 7 energiatodistus mainitaan vanhentuneeksi, jolloin energia-

katsastusohjeen mukaan tämä auditointipiste tulisi arvioida luokkaan 1 (taulukko 2). Katsastaja oli virheellisesti käyttänyt arviointiin vanhentuneen kulutukseen perustuneen energiatodistuksen energiatehokkuusluokkaa, jonka perusteella auditointipiste on arvioitu luokkaan 3.

Energiatodistukseen kohdistuvien arviointien keskihajonta on korkein kaikista auditoitavista tarkastuskohteista (liite 4). Arviointien suuri vaihteluväli on oletettavaa, koska kohteiden E-luvut vaihtelevat merkittävästi rakennuksen iän ja korjausasteen mukaan (taulukko 3).

4.2.2 Energian mittarointi

Energian mittarointi -auditointipisteet arvioitiin luokkiin 3–5, joten välttämättömiä arvosanaan perustuvia PTS-toimenpiteitä ei ole. Kohteissa on sekä automaattisia että manuaalisia päämittauksia, mutta kaikkia mittaustuloksia seurataan ja poikkeamat on mahdollista havaita. Osassa kohteista on pääveden mittaus, joka antaa vuotohälytyksen. Kohteesta 6 mainitaan lämpimän käyttöveden mittauksesta, jota ei kuitenkaan lueta. Katsastaja on esittänyt tämän mittauksen lisäämisestä automaattiseen luentaan. Lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole mainittu seurattavan yhdessäkään kohteista.

Kaukolämmityksen ja -jäähdytyksen päämittauksissa on automaattisia ja manuaalisia mittauksia. Kohteille 5 ja 6 esitettiin toimenpiteenä mittausten automaattiluennan lisäämistä. Useaan kohteeseen on suositeltu sähkön alamittausten lisäämistä, mutta vain osa alamittattavista ryhmistä tai laitteista on eritelty. Alamittattaviksi ryhmiksi mainitaan valaistus, aurinkovoimala sekä jäähdytyslaitteet.

4.2.3 Pohjakuormat

Rakennusten kulutusprofiiliin vaikuttavien pohjakuormien arviointi koettiin haasteellisena. Kolmessa kohteessa katsastaja on pystynyt esittämään arvion sähköenergian pohjakuormasta, jonka perusteella auditointipiste on arvosteltu. Kohteen 9 sähkön pohjakuormaksi on määritelty 31 prosenttia ja kohteen 10

pohjakuorma on 33 prosenttia. Kohteen 11 sähkön pohjakuormaksi on arvioitu talvella 10–15 kWh ja kesällä 15–20 kWh. Oletettavasti energiamäärät ovat kohteen tuntisarjasta, jolloin kyseessä on yhden tunnin keskitehot. Katsastajan tulisi huomioida, ettei pelkkä tehotieto ole kohdetta tuntemattomalle relevantti, mikäli pohjakuorman osuutta kokonaiskuormasta ei ole esitetty. Kaikki edellä mainitut kohteet arvioitiin luokkaan 4, jossa pohjakuormien osuus on 20–40 prosenttia kokonaiskulutuksesta.

Kohteista 6, 7 ja 8 on kirjattu huomiot, ettei niiden pohjakuormia ole kyetty selvittämään. Tästä huolimatta kohde 6 arvioitiin luokkaan 5 ja kohde 8 luokkaan 4, joten niiden arviointiin johtavaa toimintatapaa voidaan pitää vääränä ja tuloksia oletusarvoisesti virheellisinä.

Muiden kohteiden pohjakuormat arvioitiin pääosin luokkiin 3 ja 4. Kohde 4 pisteytettiin luokkaan 2 ja sille on listattu useita pohjakuormia pienentäviä toimenpide-ehdotuksia. Katsastusaineiston perusteella ei voida kuitenkaan päätellä, ovatko näiden kohteiden katsastajat laskeneet tai muuten määritelleet pohjakuormien osuutta mitatusta energiankulutuksesta.

Pilottikatsastuksissa havaittuja pohjakuormia ovat:

- ilmanvaihdon aikaohjelmat, joita ei ole sovitettu rakennuksen käyttöprofiiliin
- käyttöveden runsas kulutus
- saunojen ympärivuorokautinen lämmitys
- vanhat energiatehottomat valaisimet ja valaistuksen ohjauksen puutteet
- korkea tuloilman lämpötila.

4.2.4 Ominaiskulutukset

Pilottikatsastuskohteiden ominaiskulutukset arvioitiin luokkiin 3–4. Lähes kaikkiin auditointiraportteihin on kirjattu tämän auditointipisteen luokitteluun perustu-

neet laskentatulokset. Lämpöenergian ominaiskulutukset ovat pääosin rakennustyyppien mediaanikulutuksen alapuolella ja osassa kohteista ominaiskulutus asettuu lähelle yläkvartiilia tai jopa sen yli. Sähköenergian kulutuksissa on enemmän hajontaa kuin lämpöenergian kulutuksissa. Kohteiden sähkön ominaiskulutuksissa esiintyy mediaanikulutusta sekä ala- ja yläkvartiilille laskettuja kulutuslukemia. Kohteen 5 ominaiskulutusta ei ole pystynyt arvioimaan, koska rakennustyypille ei ole määritelty ominaiskulutuksen vertailuarvoa.

4.2.5 Energiankierrätyspotentiaali

Kohteiden energiankierrätyspotentiaali arvioitiin luokkiin 2–4. Arvosanojen moodiluku on 2, joten rakennuksissa voidaan yleisesti arvioida olevan huomattava potentiaali hukkaenergian uudelleenkäyttöön. Kohteiden energiankierrätykseen liittyviä havaintoja on kirjattu monipuolisesti auditointiraporteille ja osa esitetyistä toimenpiteistä toistuu useassa kohteessa. Esitetyt toimenpide-ehdotukset vaikuttavat pääosin sellaisilta, joiden kohdekohtaisen toteutettavuuden jatkotutkiminen on kannatettavaa.

Pilottikatsastuksissa havaittuja energiankierrätystä parantavia toimenpiteitä ovat:

- jäähdytyksen lauhdelämmön hyödyntäminen kiinteistön lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen
- hukkalämmön hyödyntäminen ilmanvaihdon jälkilämmitys- tai jäähdytyspatterissa joko suoraan tai lämpöpumpun avulla
- vedenjäähdytyskoneiden korvaaminen ilma-vesilämpöpumpuilla, joita käytetään jäähdytykseen ja lämmitykseen
- kiertoilman käytön lisääminen
- ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lisääminen ilmanvaihtokoneisiin ja erillispoistoihin, joissa ei ole lämmöntalteenottoa
- hajautetun jäähdytysverkoston (split-laitteet) muutos konvektoriverkostoksi
- kytkentöjen muutokset.

4.2.6 Uusiutuvan energian potentiaali

Uusiutuvan energian potentiaalin arvioinnissa havaittiin huomattavaa kohdekohtaista hajontaa. Arvosanojen vaihteluväli on 2–5, mutta ne jakautuvat lähes tasan arviointiluokkien välille. Vastausjakauman perusteella vain yksittäisissä kohteissa on havaittu merkittävää potentiaalia uusiutuvan energian osuuden kasvattamiseksi. Kaikkien kohteiden toimenpide-ehdotukset ovat samankaltaisia; ne ovat lämpöpumppulaitteiston ja aurinkoenergian lisäämisen toteutusehdotuksia. Tässä auditointipisteessä korostuu arvioinnin tarkkuus luokkien 2 ja 3 välillä. Samankaltaisten toimenpiteiden arviointi voi olla pakollisen PTS-toimenpiteen (luokka 2) tai vapaaehtoisen toimenpiteen (luokka 3) täyttävä.

Pilottikatsastuksissa havaittuja uusiutuvan energian osuutta kasvattavia toimenpiteitä ovat:

- ilmanvaihdon lämmityksen ja jäähdytyksen toteuttaminen ilma-vesilämpöpumpuilla
- vedenjäähdytyskoneiden korvaaminen ilma-vesilämpöpumpuilla
- energiantuotanto aurinkopaneeleilla
- maalämpöpumppujen tai ilma-vesilämpöpumppujen asennus, mahdollisesti kaukolämmön rinnalle.

Useassa katsastetussa kohteessa on käytössä oleva aurinkovoimala. Toimenpide-ehdotuksissa toistuu aurinkopaneelien lukumäärän lisääminen, mutta aurinkolämmön (aurinkokeräimet) hyödyntämistä ei ole tarkasteltu yhdessäkään kohteessa. Osassa kohteista todettiin haasteena, ettei aurinkopaneelien asentaminen ole mahdollista kattorakenteiden tai arkkitehtonisten syiden takia.

Maalämpöjärjestelmän toteutusmahdollisuuksia on tarkasteltu auditointiraporttien kirjausten perusteella vain yksittäisissä kohteissa. Kohteissa 5 ja 6 maalämpöä on tarkasteltu yleiskaavan mahdollisten rajoitteiden osalta sekä alueellisen toteutettavuutta näkökulmasta. Kohteessa 8 on tarkasteltu maalämpöpumppujen sijoittelua nykyisiin teknisiin tiloihin sekä tontin pinta-alan riittävyyttä porattavien energiakaivojen tilavaatimuksiin nähden. Maalämpöpotentiaalia koskevan tarkastelun voidaan päätellä jääneen pääosin vähäiseksi tai olemattomaksi,

koska merkittävässä osassa auditointiraportteja ei ole mainintaa maalämpöjärjestelmästä ja sen toteutettavuudesta.

4.2.7 Lämmityksen keskus- ja alueosat

Lämmityksen keskus- ja alueosat arvioitiin pääosin luokkiin 3–5. Oikea-aikainen laitteiston uusiminen ja säännöllinen kiinteistönhuollon tekemä toiminnan tarkastus sekä tarvittavien huoltotoimenpiteiden suorittaminen näkyvät tämän auditoitipisteen arvioinneissa. Ainoastaan kohde 12 arvioitiin luokkaan 2, koska siellä havaittiin mahdollisuus allasvesien, jäähdytyksen lauhteiden ja erillispoistojen energian lämmöntalteenottoon. Näiden järjestelmien lämmöntalteenottoa on käsitelty myös auditointipisteissä A05 energiankierrätyspotentialiaali sekä E01 jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat.

Pilottikatsastuksissa havaittuja lämmityksen keskus- ja alueosien energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- ilmalämmitettyjen tilojen lämpötilakompensoinnin käyrän laskeminen
- ilmanvaihtokoneiden patterien mitoitus alemmalle verkoston lämpötilalle
- autohallin lämpötilan alentaminen
- lämmityspiirin 2-tieventtiilikytkennän muutos 3-tieventtiileiksi ja kiertovesipumppujen uusiminen taajuusmuuttajaohjatuiksi
- kaukolämmön alajakokeskuksen uusiminen
- lumensulatuspiirin kytkennän muutos
- lämmitysverkoston tasapainotus
- kiertoilmakojeiden uusiminen (uusilla laitteilla alhaisempi verkostolämpötila).

4.2.8 Lämmityksen pääteosat

Lämmityksen pääteosat arvioitiin luokkiin 3–5, joten niiden energiatehokkuuden voidaan kuvailla olevan keskimääräisellä tai hyvällä tasolla. Pilottikatsastuksissa

havaittuja lämmityksen pääteosien energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- tilojen samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen estäminen uusilla patteritermostaateilla
- patterien käsisäätöpyörien korvaaminen irtoantureilla
- patteriventtiilien vaihtaminen ja lämmitysverkoston tasapainotus
- ilmanpoisto patteriverkosta alipaineilmapoistajalla
- koteloitujen patterien muutos, esimerkiksi kotelon korvaaminen ritilällä tai konvektiopuhaltimien lisäys
- kattosäteilijöiden tai puhallinkonvektorien lisääminen tiloihin, joissa lämmöntuotto koetaan riittämättömäksi
- patterien tai puhallinkonvektorien asennus ilmalämmitettyihin tiloihin
- kiertovesipumppujen säädön muuttaminen paine-eromittauksella ohjatuksi.

4.2.9 Käyttöveden lämmitysjärjestelmä

Käyttöveden lämmitysjärjestelmien arvioinnit vaihtelevat luokkien 2–5 välillä. Kohde 6 arvioitiin luokkaan 2, koska siellä olevan alajakokeskuksen komponenttien ja laitteiden havaittiin olevan vaihtokunnossa. Myös kohteelle 9 on kirjattu alajakokeskuksen uusimistarve, mutta kohde on arvioitu luokkaan 3. Arvioinnin ero voi perustua kohteessa 6 olevaan suurempaan energiatehokkuuden parannuspotentiaaliin. Katsastajan tekemään arvioon vaikuttaa myös subjektiivinen tulkinta siitä, millaiseen luokkaan lämmönsiirtimien ja pumppujen uusimistarve kuuluu arvioida.

Pilottikatsastuksissa havaittuja käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- kaukolämmön alajakokeskuksen uusiminen (sisältää muun muassa uudet lämmönsiirtimet, pumput, säätöventtiilit ja automatiikan)
- vesijohtoverkoston korkean painetasen madaltaminen paineenalennusventtiilillä
- lämpimän käyttöveden kiertojohdon tasapainotus

- vedenpuhdistuslaitteiston uusiminen vähentää höyrykostuttimien kalkkeutumista ja ylläpitotarvetta
- allasvesien lämmöntalteenotto.

4.2.10 Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat

Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat arvioitiin kuudessa katsastetussa kohteessa luokkaan 3 (50 prosenttia kaikista kohteista). Kohteet 4 ja 7 on arvioitu luokkaan 2, ja niihin on esitetty laaja ilmanvaihdon saneeraustarve. Näissä kohteissa ilmanvaihdon pääkomponentit ovat ikääntyneitä ja lämmöntalteenoton hyötysuhde on heikko tai sitä ei ole lainkaan. Luokan 2 kohteiden ilmanvaihtojärjestelmiin voidaan päätellä kohdistuvan muutoksia, joissa ilmanvaihtokoneita uusitaan ja oletettavasti myös kanavistomuutokset ovat tarpeen asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi.

Luokkaan 4 arvioitiin neljä kohdetta. Näihin on esitetty säätötekniisiä optimointeja, kuten aikaohjelmien ja tuloilman lämpötilan tarkistuksia sekä kytkentämuutoksia, kuten lämmöntalteenoton kytkennän parantaminen. Luokan 4 toimenpiteiksi on esitetty myös erillispoistojen lämmöntalteenottoa sekä kiertoilman lisäämistä. Luokkaan 3 arvioitujen kohteiden muistiinpanoissa esiintyy samoja toimenpide-ehdotuksia kuin luokissa 2 ja 4.

Pilottikatsastuksissa havaittuja ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosien energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- kierrätysilman lisääminen niihin tiloihin, joihin se on mahdollista toteuttaa
- tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutus vyöhykepelleillä
- vyöhykepeltien toiminnan tarkistus
- ilmanvaihdon aikaohjelmien tarkistus (tarkoituksenmukainen käyttöön verrattuna sekä ilmanvaihdon painesuhteiden hallinta)
- poistoilmapuhaltimien uusiminen
- lämmöntalteenoton lisääminen
- lämmöntalteenoton kytkennän muutos

- sähköisen jälkilämmityspatterin korvaaminen vesikiertoisella jälkilämmityspatterilla
- ulospuhallus- ja ulkoilmalaitteiden ilmapirran ohjaaminen (ilman sekoittumisen välttäminen)
- kostuttimien uusiminen
- LTO-verkoston huoltotoimenpiteet, sisältäen nesteiden vaihdon ja verkoston huuhtelun.

4.2.11 Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat

Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat arvioitiin luokkiin 3–4. Tässä auditointipisteessä esitetyt toimenpide-ehdotukset esiintyy myös muissa auditointipisteissä, kuten A05 energiankierrätyspotentiaali ja A06 uusiutuvan energian potentiaali. Kohteessa olevien vedenjäähdytyskoneiden energiatehokkuuden tarkastelu on jäänyt vähäiseksi. Vapaa jäähdytyksen mahdollisuudesta on mainittu vain yhdessä katsastuksessa.

Katsastusraporteissa havaitaan eroja siitä, miten katsastaja on tulkinut jäähdytysjärjestelmät arvioitavan. Osa katsastajista on arvioinut laitteiston toimintaa ja sen energiatehokkuutta. Toiset katsastajat ovat ottaneet tarkasteluun laitteiston lisäksi jäähdytysjärjestelmien lauhdelämmön energiankierrätyspotentiaalin myös tässä auditointipisteessä, jolloin lauhdelämmön hyödyntäminen on huomioitu saman katsastuksen kahdessa auditointipisteessä.

Pilottikatsastuksissa havaittuja jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosien energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- lauhdelämmön talteenotto ja hyödyntäminen kiinteistön muissa järjestelmissä
- huoneiden säätöventtiilien toiminnan yhteensovitus (estetään samanaikainen lämmitys ja jäähdytys)
- vedenjäähdytyskoneiden käyntivalmius vain vuodenaikoina, jolloin niiden käyttö on tarpeellista
- vedenjäähdytyskoneiden korvaaminen kaukojäähdytyksellä
- vedenjäähdytyskoneiden korvaaminen ilma-vesilämpöpumpuilla

- kaukojäähdytyksen ostoenergian pienentäminen investoimalla ilma-vesilämpöpumpppuihin
- kaukojäähdytyksen automaattisen mittariluennan vienti Granlund Manageriin
- ulkopuolisen aurinkosuojauksen lisääminen pienentää jäähdytyksen tarvetta
- erityistilojen jäähdytyksen eriyttäminen IV-jäähdytysverkostosta.

4.2.12 LVI-erityisjärjestelmät

Katsastusraporttien LVI-erityisjärjestelmien arvioinneista suurin osa asettuu luokkiin 4 ja 5. Voidaan siis päätellä, että LVI-erityisjärjestelmät ovat pääosin energiatehokkaita. Kohteen 12 allasvesien hukkalämmön hyödyntämispotentiaali on arvioitu merkittäväksi ja tästä syystä se on arvioitu luokkaan 2. Allasvesien lämmöntalteenotolle on esitetty toimenpide-ehdotus myös auditointipisteessä A05 energiankierrätyspotentiaali.

Auditointiraporttien muistiinpanoissa mainittuja, katsastajien erityisjärjestelmiksi tulkitsemia järjestelmiä ovat keittiön kylmälaitteet, paineilmlaitteet, keskuspölynimurit, vakioilmastointikoneet, tuloilman kostutuslaitteet, höyrylaitteet, purunpoistolaitteet, alapohjan kuivaimet ja uima-allasjärjestelmät. Neljässä kohteessa ei ole erityisjärjestelmiksi määriteltyjä LVI-järjestelmiä. Auditointiraporttien perusteella osalle katsastajia saattoi olla epäselvää, mitä ovat LVI-erityisjärjestelmät.

4.2.13 Valaistus

Valaistus on yksi heikoimmin arvosanoin arvioiduista auditointipisteistä. Arvosanat sijoittuvat luokkiin 2–5, mutta moodi- ja mediaaniluvut ovat luokassa 2. Heikon energiatehokkuustason syy ovat vanhat T5- ja T8-loisteputkivalaisimet, joita esiintyy monessa kohteessa. Loisteputkivalaisimien modernisointia LED-valaisimiin on suositeltu kaikissa niissä kohteissa, joissa niitä on havaittu.

Valaistuksen energiatehokkuutta parantavaksi toimenpiteeksi on esitetty valaistuksen tarpeenmukaista ohjausta. Valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa liike- ja läsnäolotunnistimilla sekä päivänvaloantureilla. Joidenkin kohteiden valaistusohjausjärjestelmän liiketunnistimet on kytketty pois käytöstä, mikäli käyttäjät ovat kokeneet liiketunnistimien toiminnan häiritsevänä.

4.2.14 Sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät

Sähköiset lämmitys- ja sulanapitojärjestelmät on korkein keskiarvosanoin arvioitu auditointipiste. Tämän auditointipisteen arvosanat sijoittuvat luokkiin 3–4 arvosanojen keskiarvon ollessa 3,8. Arviointien keskihajonta on pienin kaikista auditoitavista tarkastuskohteista (liite 4). Mainittujen seikkojen perusteella voidaan todeta, että kohteiden sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät ovat toimivia, niiden säätöarvot ovat pääosin tarkoituksenmukaisia eikä niissä ole merkittävää energiansäästöpotentiaalia.

Esitetyt toimenpide-ehdotukset ovat pääosin säätöarvojen muutoksia, jotka eivät vaadi teknisiä muutoksia tai edellyttävät hyvin pieniä muutoksia järjestelmään. Näiden toteuttamista voidaan pitää tavoiteltavana, sillä niiden toteutus ei vaadi pääomainvestointia. Kohteessa 4 havaittiin toimimattomat rännisulatukset, joiden korjaamisen todettiin olevan haastavaa puuttuvien kattoturvallisuustuotteiden takia.

Pilottikatsastuksissa havaittuja sähköisten lämmitysten ja sulanapitojärjestelmien energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- sulatusrajojen tarkistus
- vuorokauden keskimääräisen ulkolämpötilaohjauksen käyttöönotto (kiinteään hetkellisen raja-arvon sijaan)
- lämmityskauden alku- ja loppupäivämäärien määrittely lämmityksen ohjaukseen
- lumianturin lisääminen autohallin tarpeenmukaiseen sulatukseen
- toimimattomien vesikourujen ja sadevesijärjestelmien korjaaminen ja niiden sähkönsyötön virrattomuuden varmistus ennen korjausta.

4.2.15 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiojärjestelmät on pääosin korkein arvosanoin arvioitu auditoitipiste. Rakennusautomaatiojärjestelmät arvioitiin luokkiin 3–5 arvosanojen keskiarvon ollessa 3,8. Luokkaan 3 arvioitiin kolme kohdetta, joista kahteen on jo suunnitteilla automaatiojärjestelmän uusiminen. Luokkaan 4 ja 5 arvioitujen kohteiden järjestelmät ovat nykyaikaisia ja niihin ei kohdistu merkittäviä uusimistarpeita. Anturoinnin lisäämisellä, säätöarvojen tarkistuksella ja erilaisilla muilla järjestelmien muutoksilla voidaan tarpeenmukaistaa rakennuksen energiankäyttöä.

Pilottikatsastuksissa havaittuja rakennusautomaatiojärjestelmien energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat:

- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toiminnan asetusarvojen ja säätökäyrien tarkistus
- ilmanvaihtojärjestelmien aikaohjelmien tarkistus ja läsnäolo-ohjaus
- tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan tarkistus
- kiertoilma- ja yölämmitystoimintojen hyödyntäminen
- olosuhdemittausten lisääminen
- SFP-mittausten lisääminen
- valaistuksen tarpeenmukainen ohjaus
- valaistuksen vaikutusaluekaavion esittäminen rakennusautomaatiojärjestelmässä
- grafiikan päivittäminen tilamuutosten osalta
- energiamittausten tuonti automaatiojärjestelmään.

4.3 Tulosten analysointi

Rakennuksen valmistumisajankohtaan liittyy energiatehokkuuteen vaikuttavia vaatimuksia, joita on kiristetty vuosikymmenten aikana. Näin ollen rakennuksen iän ja teknisten järjestelmien kehittyneisyyden voidaan yleisesti käsittää korreloivan. Energiakatsastusten painotetulla tuloksella ja kohteiden rakennusvu-

della ei kuitenkaan aineiston perusteella havaita korrelaatiota (taulukko 4). Kausaalisuhteen puuttumiseen vaikuttaa rakennusten tehokas ylläpito, jonka avulla vialliset ja vanhentuneet laitteet havaitaan ja uusitaan. Useiden vanhempien rakennusten teknisiä järjestelmiä on myös modernisoitu vuosien varrella, jolloin auditoitu tulos ei vastaa rakennusajankohdan teknisten järjestelmien tilannetta.

Vaikka rakennuksen iällä ei ole pilottikatsastusten perusteella suoraa yhteyttä auditointitulokseen, ei niiden yhteyttä voida myöskään poissulkea. Kohde 1 ja 2 saavuttivat keskimääräistä korkeammat arvosanat, jota on epäilemättä edesauttanut kohteissa tehdyt peruskorjaukset. Hyvällä ylläpidolla olleiden rakennuksen yleisilme voi vaikuttaa katsastajan mielikuvaan rakennuksen talotekniikan toimivuudesta ja energiatehokkuudesta. On mahdollista, että katsastaja arvioi vanhempaa rakennusta matalammilla kriteereillä ja laskee uudempien rakennusten arvosanaa helpommin, mikäli puutteita havaitaan. Esitettyä hypoteesia ei pystytä kuitenkaan vahvistamaan tai kumoamaan tutkimusaineiston perusteella.

Taulukko 4. Pilottikatsastusten auditointipisteiden painotetut tulokset, järjestelty auditointituloksen mukaan.

Kohde	Rakennus- vuosi	Auditointi- tulos
3	1988	4,15
10	2017	4,04
2	1984	3,88
7	1910	3,51
1	1982	3,44
5	2006	3,41
6	1997	3,36
9	2004	3,33
11	2005	3,29
8	1992	3,12
4	1890	3,06
12	2009	2,75

Auditointituloksen painotetun laskennan havaittiin alipainottavat pääotsikon A alla olevia auditointipisteitä. Näiden auditointipisteiden painoarvo auditointituloksen kokonaisarvosanan muodostumiseen on vain 2 prosenttia. Vastaavasti auditointipisteillä, joiden pääotsikot eivät koostu useista auditointipisteistä, on korkea painoarvo kokonaisarvosanan muodostumiseen (taulukko 5).

Taulukko 5. Auditointipisteiden painoarvo kokonaisarvosanan muodostumiseen.

Auditointipisteiden painotus	Painoarvo
A01 Energiatodistus	2,1 %
A02 Energian mittarointi	2,1 %
A03 Pohjakuormat	2,1 %
A04 Ominaiskulutukset	2,1 %
A05 Energiankierrätyspotentiaali	2,1 %
A06 Uusiutuvan energian potentiaali	2,1 %
B01 Lämmityksen keskus- ja alueosat	6,3 %
B02 Lämmityksen pääteosat	6,3 %
C01 Käyttöveden lämmitysjärjestelmä	12,5 %
D01 Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat	12,5 %
E01 Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat	12,5 %
F01 LVI-erityisjärjestelmät	12,5 %
G01 Valaistus	6,3 %
G02 Sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät	6,3 %
H01 Rakennusautomaatio	12,5 %
yhteensä	100,00 %

Painotetun laskennan nähdään tarpeettoman voimakkaasti ohjaavan kokonaisarvosanan muodostumista. Pääotsikkoon A kuuluu useita auditointipisteitä, kuten pohjakuormat ja energiankierrätyspotentiaali, jotka ovat tärkeitä tarkastelu-kohteita rakennuksen energiatehokkuuden arviointiin. Auditointipisteiden alipainotus vaikeuttaa katsastusten keskinäistä vertailua ja korostaa tarpeettomasti yksittäisten korkean painoarvon auditointipisteiden merkittävyyttä.

4.4 Johtopäätökset katsastusmallin ja raportoinnin toimivuudesta

Katsastusmallin voidaan todeta olevan rakenteeltaan ja tarkastelukohteiltaan tarkoituksenmukainen. Tarkastelu on kohdennettu LVIAJS-järjestelmien toiminnallisuuteen, joilla on merkitys rakennuksen energiankäyttöön. Havaitut seikat ja niiden perusteella tehdyt toimenpide-ehdotukset eivät kuitenkaan täysin täytä energiakatsastustoiminnalle asetettuja tavoitteita.

Auditointiraporteissa havaittiin epätasällisiä kirjauksia, mikä aiheuttaa haasteita korjaustoimenpiteiden laajuuden tai ongelman vakavuuden tulkinnassa kohdetta tuntemattomille henkilöille. Virheelliset päätelmät voivat johtaa pahimmillaan väärin korjaustoimenpiteisiin, joka aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia eikä korjaa alkuperäistä ongelmaa. Katsastusraporttiin kirjatut havainnot tulisi olla kuvailtuna riittävän tarkasti, jotta niiden perusteella saadaan tarkka käsitys tehtävistä toimenpiteistä. Pilottikatsastusten tulosten ennako-odotus oli, että kohteilta olisi löydetty tyyppitoimenpiteitä, joita voidaan toteuttaa eri kohteissa. Tätä tavoitetta ei saavutettu halutussa laajuudessa.

Tarkastetuissa auditointipisteissä havaittiin osittaista päällekkäisyyttä, erityisesti energiankierrätyksen ja ilmastoinnin keskusosien osalta. Myös lämmitysjärjestelmän keskusosien, käyttöveden lämmitysjärjestelmän ja jäähdytysjärjestelmän raportoinnissa havaittiin pientä epätasällisyyttä raportoitavasta järjestelmästä. Voidaan siis päätellä, että katsastusohjeeseen olisi perusteltua kuvailla tarkemmin, millaiset järjestelmät ja havainnot kukin auditointipiste sisältää. Auditointimuistiinpanojen perusteella LVI-erityisjärjestelmien raportointiohjeeseen voitaisiin eritellä, millaisia järjestelmiä tarkoitetaan erityisjärjestelmillä.

Järjestelmiin merkittävästi vaikuttavissa muutoksissa, kuten lämpöpumppujärjestelmien asentamisessa, tulee huomioida laajasti laitteiston kohdekohtaista toteutettavuutta. Toteutukseen vaikuttavat muun muassa kohteen muu talotekniikka, kuten sähkötekniiset rajoitteet, käytettävissä olevat tekniset tilat sekä yleisesti komponenttien asennettavuus. Toimenpiteiden laajuus ja karkea toteutus-

tapa tulisi kyetä kuvailemaan auditointiraportille, jotta teknisen toteutustavan lisäksi voidaan varmistua, että toimenpiteelle esitettyssä kustannusarviossa on huomioitu kaikki muutokseen liittyvät kustannukset. Teknisten rajoitteiden määrittely ohjaa myös mahdollista jatkosuunnittelua.

Pilottikatsastusten toimenpide-ehdotusten listauksessa ei ole esitetty kustannusarvioita tai saavutettavaa energiansäästöä, pois lukien yksittäiset tapaukset. Voidaan siis todeta, ettei katsastuksissa ole tarkasteltu toimenpide-ehdotusten taloudellista kannattavuutta. Toimenpiteelle esitetty kustannusarvio ja sillä saavutettava energiansäästö ohjaavat taloudelliseen kannattavuuteen perustuvaa päätöksentekoa. Taloudellisen kannattavuuden puutteellinen tarkastelu voi johdattaa siihen, etteivät tehtävät toimenpiteet täytä investoinnille asetettua takaisinmaksuaikavaatimusta tai muita tuotto-odotuksia. Mikäli toimenpiteellä halutaan taloudellisen kannattavuuden sijaan korostaa saavutettavaa päästövähennystä, tulisi päästöjen pienentämiselle esittää arvio.

Auditointiraporttien kirjauksista ja niiden perusteella tehdystä pisteytyksestä huomataan katsastajan subjektiivisen näkemyksen vaikutus tehtyyn arviointiin. Katsastajan kokemukseen perustuvat arviot ja arvot heijastuvat arviointiprosessiin, mikä vaikuttaa siihen, millaisia tietoja pidetään merkityksellisinä ja millaisia ovat niistä tehdyt päätelmät. Asiantuntijuuden ja osaamisen voidaan ajatella korostuvan, jotta katsastaja pystyy tekemään mahdollisimman laadukkaita, merkityksellisiä ja objektiivisia havaintoja. Täsmälliset, olennaiset havainnot implikoivat katsastajan perehtyneisyyttä.

4.5 Katsastajien palautekysely

Energiakatsastuksia tehneille henkilöille lähetettiin palautekysely, jonka tarkoituksena oli selvittää katsastajien kokemuksia katsastusprosessissa ilmenneistä puutteista ja haasteista, kehityskohteista ja energiakatsastuksen merkityksellisyydestä. Kysely tehtiin sähköisenä Webropol-alustalle ja se lähetettiin seitse-

mälle henkilölle. Kyselyyn saatiin vastaus kuudelta vastaajalta. Haastattelukysymyksiä oli 12 ja niihin yhteensä käytetty vastausaika vaihteli välillä 4–21 minuuttia.

Vastausten analysoinnissa hyödynnettiin numeerista koodausta, jossa avoimet vastaukset muutettiin kolmikenttään (kyllä-osittain-ei) ja numeroitiin vastausvaihtoehtoillemme määriteltyjen vaihtoehtojen mukaan. Vastaukset luokiteltiin niiden sanamuotojen tai sävyn mukaan niihin kysymyksiin, joiden vastaus voidaan esittää muodossa ”kyllä” tai ”ei”. Numeerisen koodauksen avulla aineisto kvantifioitiin, jotta haastattelukysymysten vastausjakauma pystyttiin esittämään.

Kysymyksiä 7, 8, 10 ja 11 ei voitu analysoida edellä esitetyn kolmikentän mukaisesti, koska niiden täysin avoin kysymysasettelu ei mahdollista vastauksen strukturointia.

Haastattelukysymykset ja niistä saadut palautteet on esitetty liitteessä 5.

Katsastajien palautekyselyn perusteella tehtyjä havaintoja, jotka tukevat pilottikatsastusten johtopäätöksiä:

Katsastajien palautteissa korostuu lähtötietojen tärkeys, joka havaittiin myös pilottikatsastusten raporteissa. Riittävän kattavat lähtötiedot ja niiden läpikäynti edesauttavat oikeiden havaintojen tekemistä kohteella, sekä niiden perusteella voidaan määritellä tutkimustarpeita ennen kohdekäyntiä. Mikäli katsastaja koee lähtötietojen olevan puutteelliset, tulisi niiden puutteet tuoda esiin työn tilaajalle. Kohteista saattaa olla lisää lähtötietoja, joita ei kuitenkaan löydy helposti niille osoitetusta paikasta. Lähtötietojen hajanaisuus on haasteellista katsastajalle, kun kohteen energiankäytöllisistä erityispiirteistä ja ongelmakohtista pitäisi kyetä muodostamaan kokonais käsitys.

Tiedossa olevien energiansäästötoimenpiteiden läpikäynti on tärkeää viimeistään aloituspalaverissa, jotta katsastusta pystytään räätälöimään rakennuksen energiankäytöllisesti keskeisiin osa-alueisiin. Palautekyselystä ilmenee, ettei kaikkien pilottikohteiden tiedossa olevia energiansäästötoimenpiteitä ollut tuotu

katsastajille tiedoksi. Kuten yhdestä vastauksesta käy ilmi, on tietoja mahdollisesti pyydettävä erikseen kohteeseen perehtyneeltä henkilöltä, joka tuntee rakennuksen energiatehokkuuden tason parhaiten. Tiedossa olevien toimenpiteiden lisäksi katsastajan pitää kuitenkin tarkkailla myös muita energiankäytöllisesti olennaisia osa-alueita mahdollisten uusien havaintojen löytämiseksi.

Turvakriittisten kohteiden erityispiirteet, kuten valokuvaamisen rajoitukset, aiheuttivat haastetta katsastusraportointiin. Täsmällinen kohdehavaintojen tekeminen, kattavien muistiinpanojen laatiminen ja viiveetön raportoinnin suorittaminen korostuvat kohteissa, joille on asetettu korkeita turvallisuusvaatimuksia. Turvallisuusselvitysprosessi koettiin myös haasteellisena, kun kaikilla katsastajilla ei ollut tiedossa tarvittavien selvitysten laajuus ja hakuprosessin kesto. Palautekyselyn perusteella on tärkeää, että tilauksen jälkeen käydään läpi turvallisuusselvitysten tarve ja selvitysten laajuus sekä viimeistään aloituspalaverissa sovitaan kohdekohtaiset toimintatavat kulkemisen ja valokuvaamisen osalta.

Auditointipisteiden luokittelu koettiin pääosin selkeäksi. Haasteellisiksi arvioitaviksi auditointipisteiksi mainittiin pohjakuormat ja ominaiskulutukset. Pilottikatsastusten arvioinnit, etenkin pohjakuormien määrittelyperusteiden hajanaisuudessa, tukevat katsastajien kokemusta.

5 Merkittävimmät kehityskohteet

5.1 Pohjakuorman määrittely ja analysointi

Kiinteistön pohjakuorma koostuu laitteista, jotka ovat jatkuvasti tai lähes koko ajan käynnissä. Pohjakuormaa aiheuttavat laitteet ovat kytkettyinä sähköverkkoon ja ne tarvitsevat jatkuvaa sähköä toimintansa tai valmiustilan ylläpitoon. Pohjakuormaa muodostuu muun muassa

- LVI-järjestelmistä. Rakennuksessa ylläpidetään asetettuja lämpötila- ja sisäilmaolosuhteita.
- Valaistuksesta. Rakennuksissa on käytännössä aina käytössä olevaa valaistusta.

- Kylmälaitteista. Kylmälaitteet ylläpitävät asetettua lämpötilaa.
- Tietokoneista ja verkkoa ylläpitävistä laitteista. Toimintavalmiudessa olevat tietokoneet ja palvelimet suorittavat taustatehtäviä.
- Turvajärjestelmistä. Turvajärjestelmät, kuten valvonta- ja hälytysjärjestelmät ovat jatkuvassa toiminnassa.
- Erikoislaitteista ja -järjestelmistä. Käyttäjällä saattaa olla toimintaan liittyviä laitteita, jotka ovat merkittäviä sähkönkuluttajia.

Pohjakuorman järjestelmäkohtainen määrittely edellyttää sähköjärjestelmältä riittävän määrän alamittauksia, jotta järjestelmien energiavirtojen tarkka kohdentuminen pystytään tunnistamaan ja laitekohtainen energiankäyttö tarkasti analysoimaan. Kohdekohtaisten alamittausten kattavuus voidaan jaotella viiteen luokkaan, riippuen mittaroinnin laajuudesta ja tarkkuudesta (taulukko 6). Kattavin mittarointitaso tarkoittaa ilmanvaihtokonekohtaisia sähkönkulutusmittauksia, verkosto- ja ilmanvaihtokonekohtaisia lämmönkulutusmittauksia sekä linja- tai vuokralaiskohtaisia kylmän ja lämpimän käyttöveden kulutusmittauksia. Kaukojäähdytyksen kulutus mitataan verkosto-, kone- ja vuokralaiskohtaisesti. (Rakennusten mittarointiohje 2022: 9, 11.)

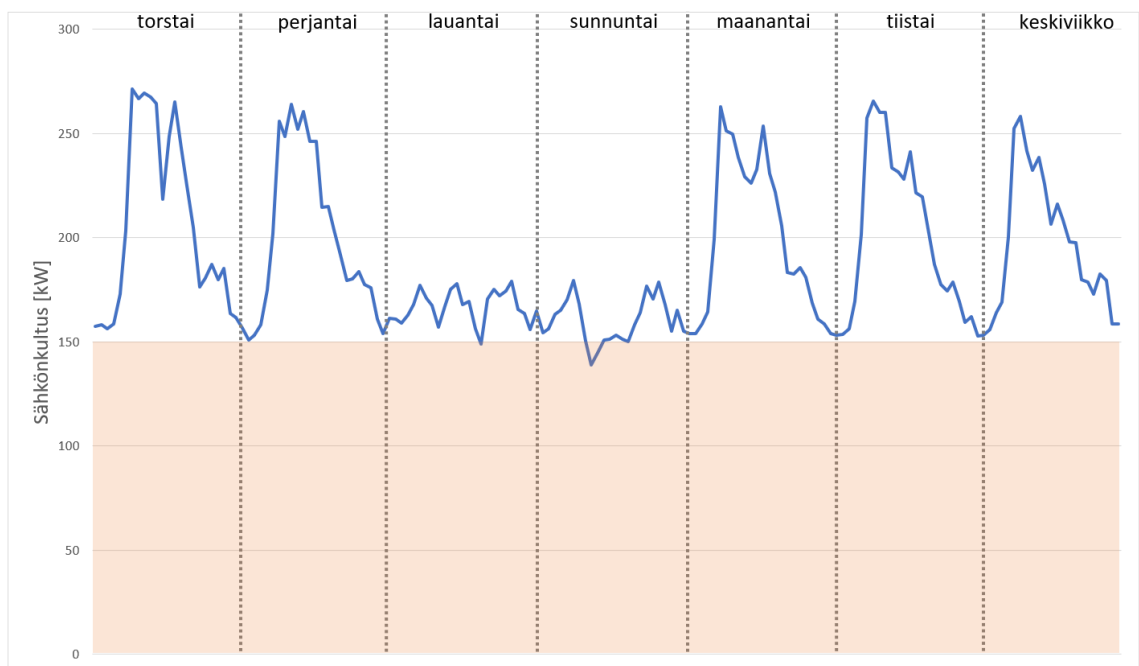
Taulukko 6. Mittarointiluokat ja niiden pääsisältö (Rakennusten mittarointiohje 2022: 9).

Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D	Luokka E
Rakennusten energiatehokasta käyttöä tukeva kattava kulutusmittarointi	Vastaa 1.7.2012 voimaan astuvia uudisrakentamisen määräyksiä	Rakennuskohtainen kulutusmittaus päämittareilta sekä sähkön alamittaus mahdollistamaan kulutukseen perustuva laskutus	Rakennuskohtainen kulutusmittaus päämittareilta	Kiinteistökohtainen kulutusmittaus päämittareilta

Mikäli rakennuksesta ei saada riittävästi mittaustietoa eri järjestelmien sähkönkulutuksesta, voidaan pohjakuorman määrää pyrkiä arvioimaan yksinkertaistetuilla tavoilla. Rakennuksen kokonaiskulutusta voidaan verrata Motivan rakennustyyppin mukaiseen ominaiskulutukseen (liite 6). Mikäli ominaiskulutus on alkvartiilissa tai sen alapuolella, voidaan rakennuksessa olevien järjestelmien päätellä toimivan energiatehokkaasti ilman merkittävää energiahukkaa. Mediaanikulutuksen yläpuolella oleva kulutus viittaa korkeaan pohjakuormaan, mikäli

rakennuksen käyttö ei poikkea merkittävästi rakennustyyppin tavanomaisesta käytöstä.

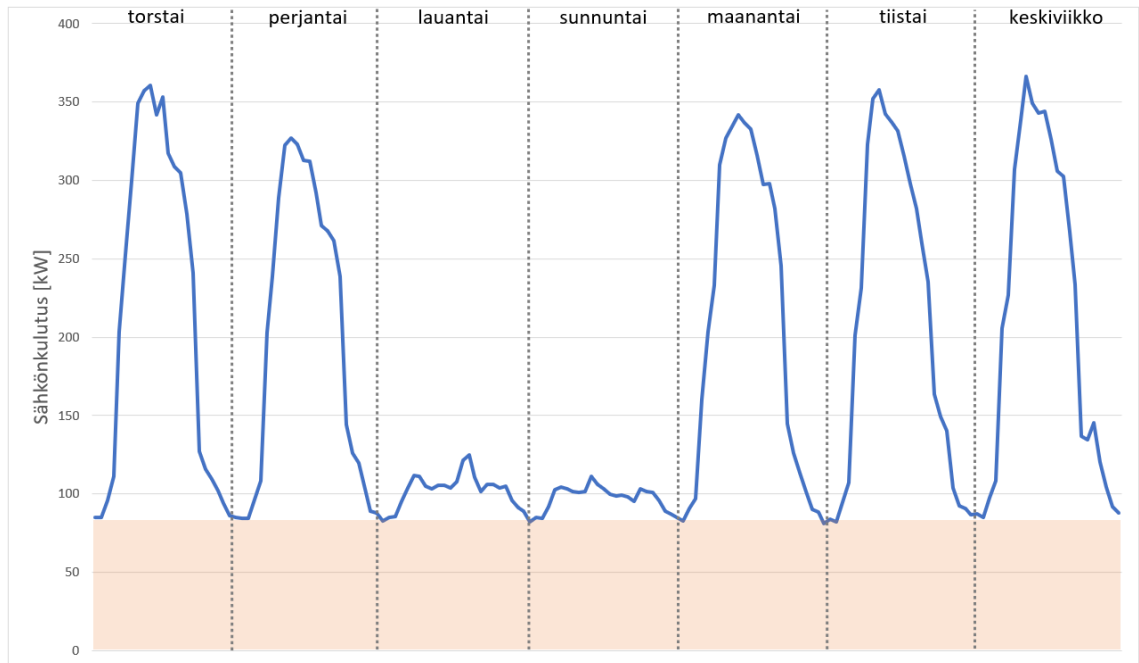
Kohteen pohjakuorman osuutta voidaan tarkastella sähkön päämittauksesta, mikäli riittäviä alamittauksia ei ole tai niiden mittaustietoja ei ole saatavilla. Kokonaiskulutuksen tuntidatasta saadaan arvio pohjakuorman osuudesta käytönajan kulutukseen verrattuna (kuva 4).



Kuva 4. 1980-luvulla valmistuneen toimistorakennuksen sähkönkulutusdatan vaihtelu (31.8.–6.9.2023). Kohteessa on tehty korjaustoimenpiteitä vuosien varrella, mutta osa talotekniikasta on alkuperäistä. Värillä korostettu alue on tarkastelujakson pohjakuorma.

Pohjakuorman energiankulutus on kuvaajassa esitetyn pienimmän jatkuvan sähkötehon integraali. Kuvan 4 perusteella voidaan todeta, että kohde ei ole energiatehokas, koska pohjakuorman osuus käyrän alapuolella rajautuvasta alasta on merkittävä. Pohjakuorma muodostaa tässä kohteessa pääosan kiinteistön kokonaissähkönkulutuksesta. Kuvassa 5 on esitetty toisen toimistorakennuksen tuntidata, jossa pohjakuorman osuus on huomattavasti pienempi. Vertailua voidaan pitää validina, koska tarkastelujakso on lämmityskauden ulko-

puolella ja molemmissa kohteissa on kaukojäähdytys. Energiankulutuksen ohjaaminen käytönajalle on tarkoituksenmukaista ja osoittaa hyvää energiatehokkuutta.



Kuva 5. 1960-luvulla valmistuneen toimistorakennuksen sähkönkulutusdatan vaihtelu (31.8.–6.9.2023). Kohde on peruskorjattu 2010-luvulla. Värillä korostetua alue on tarkastelujakson pohjakuorma.

Energiakatsastetuille kohteille suoritettiin mainittu tarkastelu. Kohteiden pohjakuormaksi arvioitiin pienin toistuva tehontarve, josta on suodatettu pois mahdolliset merkittävästi poikkeavat mittaustulokset. Huipputehontarpeeksi määriteltiin samalla aikajaksolla toistuva huipputehontarve. Laskentatuloksen perusteella kohteen pohjakuorma pisteytettiin energiakatsastusohjeen kriteeristön mukaisesti (Energiakatsastusohje 2023: 14–15). Tulokset on esitetty taulukossa 7. Taulukossa on esitetty kohteiden auditointiluokat lasketun pohjakuorman ja katsastuksessa määritellyn pohjakuorman perusteella.

Taulukko 7. Kohteiden arvioitu pohjakuorma, huipputehontarve sekä pohjakuorman laskettu osuus huipputehontarpeesta.

Kohde	Rakennus- vuosi	Pohja- kuorma [kW]	Huippu- kuorma [kW]	Pohjakuor- man osuus	Audi- tointi- luokka	Katsastajan määritte- lemä luokka
1	1982	215	400	54 %	3	3
2	1984	165	350	47 %	3	3
3	1988	70	250	28 %	4	3
4	1890	65	135	48 %	3	2
5	2006	380	650	58 %	3	4
6	1997	35	215	16 %	5	5
7	1910	70	155	45 %	3	- ⁽¹⁾
8	1992	50	95	53 %	3	4
9	2004	65	140	46 %	3	4
10	2017	100	180	56 %	3	4
11	2005	13	34	38 %	4	4
12	2009	40	115	35 %	4	3

⁽¹⁾ Tuntikulutusarvoja ei saatavilla.

Tulosten perusteella havaitaan, että tuntikulutusdataan perustuvan laskentata-
van ja pilottikatsastuksissa tehdyillä määrittelytavoilla saaduissa arviointi-
luokissa on jonkin verran tulosten poikkeavuutta. Vaikka tuntikulutusdatasta teh-
tävällä tarkastelulla ei oletettavasti saavuteta eksplisiittistä lopputulosta, siitä
saatavaa tulosta voidaan pitää riittävällä tarkkuudella pohjakuorman määrää in-
dikoivana. Tarkastelumenetelmällä luotu energiankäytön profiili on nopeasti
suoritettavissa ja tuottaa arvion kohteen energiatehokkuudesta tai -tehottomuu-
desta, joten sen voidaan arvioida soveltuvan energiakatsastukseen.

Päämittauksen tuntidatatarkastelusta ei voida osoittaa energiavirtojen kohdistu-
mista eri kulutuskohteisiin, joten siitä on vaikeaa tulkita kohteita, joiden käyttö
on jatkuvaa (esimerkiksi majoituskäytössä olevat rakennukset). Jatkuvassa toi-
minnassa olevissa kohteissa pohjakuormaa aiheuttavien laitteiden tai järjestel-
mien tarkastelu tulisi tehdä alamittauksien sähkönkulutusprofiilia tarkastele-
malla.

5.2 Lämpöpumppujen tyyppiratkaisut

Lämpöpumppuratkaisut ovat vihreän siirtymän tavoitteita tukeva lämmitys- ja jäähdytysvaihtoehto moneen perinteiseen ratkaisuun verrattuna. Kylmäprosessin avulla tehtävän lämmityksen tai jäähdytyksen primäärienergian tarve on merkittävästi pienempi, kuin monella muulla tuotantotavalla. Lämpöpumpun lämmönlähteen energia on myös uusiutuvaa, eikä sen saatavuus ole rajoitettu, toisin kuin useiden polttoaineiden. Ilman lämpöenergian, geoenergian ja geotermisen energian hyödynnettävyyttä rajoittavat pääosin poliittiset- tai viranomaispäätökset, tekniset ratkaisut ja kustannusoptimointi.

Olemassa olevien kohteiden mahdollisia lämpöpumppuvaihtoehtoja rajaavat rakennuksen sisä- ja ulkopuolen ominaisuudet sekä rakennuksen ympäristö. Peruskorjattavissa kohteissa, joihin suunnitellaan maalämpöä, tulee huomioida:

- tontilla olevat ja sille suunnitellut rajoitteet energiakaivojen sijoittelulle. Rajoitteita ovat esimerkiksi tontilla sijaitsevat nykyiset kaivot, putket ja kaapelit sekä täydennysrakentamiselle varatut alueet.
- energiantarve peruskorjauksen jälkeen. Vanhoja energiankulutustietoja ei voida käyttää laitteiston mitoitukseen, mikäli saneerauksen yhteydessä tehdään merkittäviä energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä rakenteisiin tai järjestelmiin.
- vanhojen rakennusten lämmitysjärjestelmien korkeat mitoituslämpötilat heikentävät lämpöpumppujärjestelmän hyötysuhdetta.
- radiaattorien lämmitystehon laskeminen, mikäli verkostojen lämpötilatasoja lasketaan. Mikäli putkistot ja radiaattorit uusitaan, tulee ne mitoittaa mahdollisuuksien mukaan matalalämpöverkostoksi.
- lisälämmönlähteen käyttötilanteet ja kytkentätapa.
- lämpöpumpun äänentuotto ympäristöön.
- lämpöpumppujärjestelmän edellyttävät muutokset rakennuksen sähköjärjestelmään.

(Maalämpösuunnitteluohje 2021: 15.)

Mainituista maalämpöjärjestelmiin liittyvistä huomioista osa pätee myös ilma-vesilämpöpumppujärjestelmiin. Ilma-vesilämpöpumppujen toimintaraja saavute-

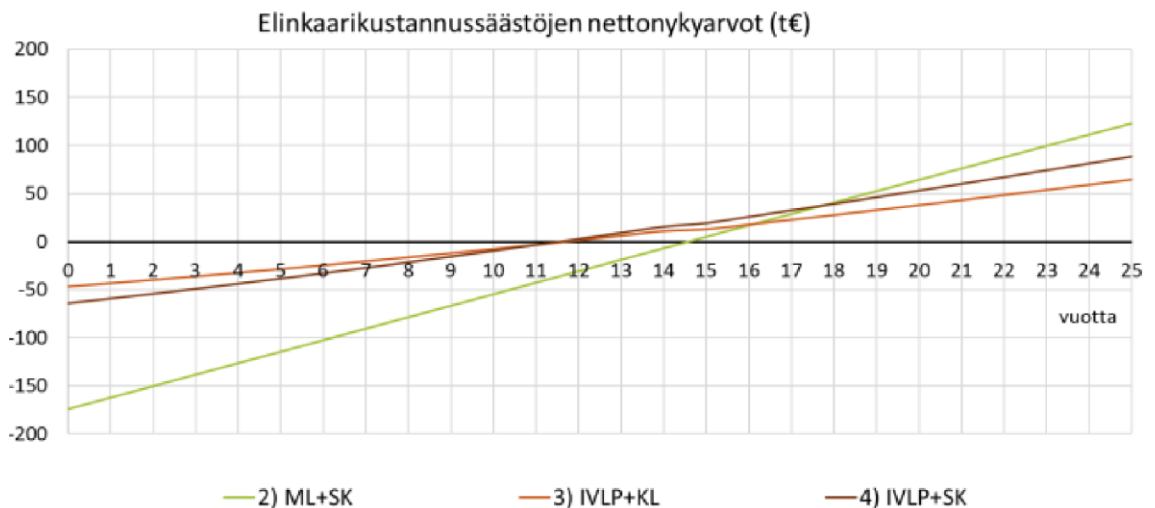
taan useimmilla malleilla ennen mitoittavaa ulkolämpötilaa, joten se vaatii rinnakkaisjärjestelmän tuottamaan lämmitystarpeen huipputehoa. Toisin kuin maalämpöpumppujärjestelmissä, ilma-vesilämpöpumppujärjestelmien lämmönlähde ei ole tasalämpöinen. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmien lämpökerroin heikkenee ulkoilman viilentyessä, joten ne tuottavat parhaiten leudommalla säävyöhykkeellä. Ilma-vesilämpöpumpun lauhdutinyksikkö sijoitetaan ulkoilmaan, joten alueen esteettiset vaatimukset saattavat rajoittaa laitteiston sijoittelua. Toisaalta ilma-vesilämpöpumpun asentaminen voi olla mahdollista sellaisissa tapauksissa, joissa maalämpöjärjestelmää ei voida toteuttaa esimerkiksi alueen pohjavesivarantojen takia. (Energiatehokkaat korjausrakentamisen ratkaisut.)

EU:n osarahoittamalla hankkeella, *Introducing the Heat Pump Readiness Indicator: How to make Energy Performance Certificates fit for heat pumps*, pyrittiin yhtenä osa-alueena määrittelemään rakennuskannalle lämpöpumppuvalmiutta osoittava taso (heat pump readiness, HPR). HPR:n arviointiin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa rakennuksen lämmitystehontarve, vertailuratkaisuksi valittava lämpöpumppuratkaisu sekä alueella vallitseva ilmasto. Tutkimukseen valittu lämpöpumpun tyyppiratkaisu on ilma-vesilämpöpumppu, sillä yhtenä perusteena sen todettiin olevan teknisesti ja taloudellisesti useimmissa tapauksissa toteuttamiskelpoinen. (*Introducing the Heat Pump Readiness Indicator: How to make Energy Performance Certificates fit for heat pumps 2023: 4, 19, 25.*)

Lämpöpumppuvalmiuden tarkastelun voidaan päätellä soveltuvan rakennuksen päälämmitysjärjestelmän arviointiin. Menetelmä on myös uusi ja vielä hankkeen alkuvaiheessa karkea, joten siitä saatuja tulosten kriittinen analysointi on tärkeää yksittäisen rakennuksen tarkastelussa. Lämpöpumppuvalmiuden tarkastelun ei arvioida vielä tässä vaiheessa soveltuvan Senaatin energiakatsastusmalliin, mutta sen soveltuvuutta myöhemmässä jatkokehitysvaiheessa tulee arvioida tarkemmin.

Ilma-vesilämpöpumppu on pilottikatsastusten auditointiraporteissa usein esille nostettu lämpöpumppuratkaisu, jolla on useita hyödyntämiskohteita. Ilma-vesilämpöpumppu on siis monessa rakennustyyppissä toistuva tyyppiratkaisu, kuten HPR-arvioinnissa todettiin.

Ilma-vesilämpöpumppua tulisi tarkastella kiinteistön päälämmitysmuotona tai osana hybridilämmitysjärjestelmää. Useissa tapauksissa ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaika on merkittävästi lyhyempi, kuin maalämmöllä, johtuen maltillisesta investointikustannuksesta (kuva 6). Toisaalta maalämpöpumpun elinkaaren ajan säästöt voivat olla ilma-vesilämpöpumppujärjestelmää suuremmat.



Kuva 6. Lämmitysjärjestelmän elinkaarikustannusten esimerkkilaskelma. ML=maalämpö, IVLP=ilma-vesilämpöpumppu, SK=sähkökattila ja KL=kaukolämpö. Sähköenergian hinta 120 €/MWh, sähkön eskalaatio 2 %, kaukolämmön energiahinta 60,76 €/MWh, kaukolämmön eskalaatio 3 % ja laskennan korkokanta 4 %.

Ilma-vesilämpöpumpun yksi merkittävä etu on sen hyvä hyödynnettävyys eri järjestelmissä, kuten kiinteistön jäähdytyksessä. Jäähdytystä palveleva vedenjäähdytyskone voidaan korvata ilma-vesilämpöpumpulla, jolloin lauhduttimessa muodostuva lauhdelämpö voidaan hyödyntää rakennuksen muissa prosesseissa. Lauhdelämmön käyttökohteita ovat esimerkiksi ilmanvaihdon jälkilämmitys, erilaiset lämmitysverkostot ja käyttöveden lämmitys. Ilma-vesilämpöpumppu

soveltuu myös vuodenajasta riippuviin tarpeisiin, kuten ilmanvaihdon kesäajan jäähdtykseen ja talviajan lämmitykseen.

Rakennuksiin, joiden tekniset tilat ovat ahtaat tai joihin ei muista syistä voida sijoittaa lämpöpumppulaitteistoa, tulisi kartoittaa mahdollisuus hyödyntää tehdasvalmisteisia energiakontteja. Energiakontit voidaan varustella ja räätälöidä kohdekohtaisten tarpeiden mukaan.

Lähes nollaenergiarakentamisen ratkaisujen selvittämistä varten toteutetussa HP4NZEB-hankkeessa korostuu erilaisten lämpöpumppuratkaisujen merkitys energiatehokkaissa rakennuksissa. Kaukolämmön korvaamisen energiatehokkailta lämpöpumppukonsepteilla havaittiin pienentävän rakennuksen E-lukua merkittävästi ja ne osoittautuivat kustannustehokkaiksi lämmitys- ja jäähdtyysratkaisuiksi, kun tarkastellaan investoinnin elinkaarikustannuksia. Tutkimustulokset osoittivat maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmien olevan tehokkaimpia ratkaisuja rakennuksessa käytetyn ostoenergian pienentämiseen. (Häkämies ym. 2015: 73.)

HP4NZEB-hankkeessa tutkittiin energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusta 1960-luvulla rakennettuun asuinkerrostaloon. Rakennukseen määriteltiin neljä potentiaalista energiatehokkuuskonseptia. Potentiaaliset energiatehokkuuskonseptit olivat:

1. Kaukolämmitys, jossa hyödynnetään aurinkoenergiaa (aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit).
2. Poistoilmalämpöpumppu, jossa hyödynnetään aurinkoenergiaa (aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit).
3. Maalämpöpumppu, jossa hyödynnetään aurinkoenergiaa (aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit).
4. Ilma-vesilämpöpumppu, jossa hyödynnetään aurinkoenergiaa (aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit).

(Häkämies ym. 2015: 51.)

Tarkasteltaville konsepteille suoritettiin dynaaminen simulointi, jossa varioitiin neljää erilaista aurinkoenergiavaihtoehtoa. Vaihtoehtoja olivat:

- konseptit ilman aurinkoenergiaa.
- konseptit aurinkokeräimillä.
- konseptit aurinkokeräimillä ja tavanomaisella aurinkovoimalalla.
- konseptit aurinkokeräimillä ja suurella aurinkovoimalalla.

Rakennus simuloitiin siis yhteensä 16 erilaisella tapauksella. Aurinkokeräimet mitoitettiin 40–50 prosentin vuotuisen käyttöveden lämmitystarpeen energiapieton mukaisesti. (Häkämies ym. 2015: 52.)

Tutkimus osoitti, että pienin ostoenergiankulutus saavutetaan maalämpöpumpulla. Maalämpöpumppuun verrattuna, todettiin vuotuisen energiankulutuksen olevan:

- 16 prosenttia suurempi ilma-vesilämpöpumpulla.
- 59 prosenttia suurempi poistoilmalämpöpumpulla.
- 129 prosenttia suurempi kaukolämmöllä.

Aurinkoenergiasta saatava energiansäästö riippuu valitusta lämmitysratkaisusta. Suurin aurinkoenergiapotentiaali on kaukolämmön rinnalla, kun myös energiantarve on suurinta. (Häkämies ym. 2015: 58.)

Energiakatsastusten tarkasteltavina tyyppitoimenpiteinä voidaan soveltaa HP4NZEB-hankkeeseen määritellyjä konsepteja. Hankkeen tulosten perusteella merkittävin energiansäästöpotentiaali on maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmillä, joissa voidaan hyödyntää myös aurinkoenergiaa.

Katsastajan on pyrittävä tunnistamaan energiakatsastettavaan kohteeseen liittyvät toteutumismahdollisuuksien rajoitteet ja mahdollisuudet riittäväällä tarkkuudella. Lämpöpumppujärjestelmän valinnassa tulee huomioida useita seikkoja, jotka ohjaavat tehtävää valintaa. Energiakatsastusta varten laadittiin muistilista lämpöpumppuratkaisujen valintaa ohjaavista keskeisistä seikoista. Lämpöpumppuratkaisujen muistilista on esitetty liitteessä 7.

6 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli tutkia Senaatin energiakatsastusmallin toimivuutta ja tunnistaa toimenpiteitä, joilla katsastusmallia voidaan kehittää palvelemaan asetettuja tavoitteita paremmin. Energiakatsastuksille asetettu teoreettinen viitekehys muodostuu EU:n energia- ja ilmastopolitiikasta, Suomen ilmastotavoitteista sekä tavoitteita tukevasta lainsäädännöstä.

Suomessa käytetyt energiakatsastusten ja -katselmusten sisältöä kuvaavat ohjeistukset ovat Motivan laatimia. Senaatin ja Motivan energiakatsastusten sisällössä havaittiin olevan paljon yhteisiä tarkastelukohteita, mutta Senaatin katsastusmallissa pyritään löytämään merkittävimmät energiankäyttöön vaikuttavat tekijät. EU:ssa ja Yhdysvalloissa tehtävien energiakatselmusten ohjeistuksien havaittiin olevan vaihtelevia ja hajanaisia, eikä vastaavaa energiakatsastuksiksi määriteltyä toimintatapaa löydetty muista maista.

Senaatin katsastusmallin toimivuutta arvioitiin pilottikatsastusten auditointiraportteihin kirjattujen havaintojen sekä katsastajille laaditun palautekyselyn vastausten perusteella. Katsastusmallin todettiin olevan rakenteeltaan ja tarkastelukohteiltaan tarkoituksenmukainen, mutta tehdyt havainnot ja toimenpide-ehdotukset eivät täysin vastanneet energiakatsastuksille asetettuja tavoitteita. Auditointiraporteissa havaittiin epätasomallisia kirjauksia, havaintojen päällekkäisyyttä, toteutusehdotusten riittämätöntä tarkastelua (toteutettavuus, kustannukset ja säästöpotentiaali) sekä annettujen arvosanojen arvosteluperusteiden vaihtelua.

Katsastuksen onnistumista edesauttavat palautekyselyn perusteella kohteesta saatavat riittävän tarkat lähtötiedot, tiedossa olevat energiansäästötoimenpiteiden esilletuominen ja kohteeseen liittyvien erityispiirteiden yhteinen läpikäynti. Useat vastaajat kokivat turvakriittisten kohteiden katsastuksen haasteellisena, sillä valokuvia ei voitu hyödyntää raportoinnin tukena. Epäselvyyttä aiheuttivat kohteessa tarvittavien turvallisuusselvitysten laajuus, ja turvallisuusselvitysten

hakuprosessi koettiin myös pitkäkestoisena. Katsastajat mainitsivat haasteellisimpana arvioitavina auditointipisteinä pohjakuormat ja ominaiskulutukset. Katsastusraportteihin tehdyt kirjaukset tukevat päätelmää mainittujen auditointipisteiden raportoinnin haasteellisuudesta.

Tämän työn yhtenä osana energiakatsastukselle laadittiin katsastajan tarkastuslista, jonka sisältö koostuu eri vaiheita koskevasta tarkastuskohteiden luettelosta. Tarkastuslistan tarkoituksena on ohjata katsastajan työtä sekä parantaa raportoinnin laatua.

Katsastusmallin merkittävimiksi kehityskohteiksi tunnistettiin tarve yksinkertaiselle pohjakuorman määrittelytavan esittämiselle ja lämpöpumppujen tyyppiratkaisujen esittämiselle. Tässä työssä esitetään pohjakuorman määrittelyyn yksinkertaistettu menetelmä, jolla voidaan tarkastella kohteen kokonaisenergiankulutuksen käyttäytymistä eri ajanhetkinä. Tarkempi alamittauksiin perustuva tarkastelu tulee kuitenkin aina suorittaa, mikäli se on mahdollista.

Moneen rakennustyyppiin soveltuviksi lämpöpumppujen perusratkaisuiksi esitetään ilma-vesilämpö- ja maalämpöpumppujärjestelmiä. Tarkasteltavaan järjestelmävaihtoehtoon liittyy useita valintaa ohjaavia seikkoja, joiden perusteella energiakatsastuksessa esitettyä toteutettavuutta ja energiansäästöpotentiaalia tulee arvioida. Energiakatsastajalle laadittiin lämpöpumppuratkaisun valintaa ohjaava muistilista osana tätä opinnäytetyötä. Järjestelmävalinta tulee toteuttaa aina tapauskohtaisesti kokonaisarvion perusteella ja asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

6.1 Pohdinta

Energiakatsastusmallin toimivuudesta saatiin kattava kuva tehtyjen pilottikatsastusten perusteella. Senaatin katsastusmallin todettiin olevan pääosin toimiva ja palvelevan tilaajaorganisaatiota sille asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Katsastusmallissa havaitut kehityskohteet ovat uuden toimintamallin kehitystä, joka

on jatkuva prosessi. Tämän työn yhteydessä tunnistettuja muita katsastustoiminnan jatkokehityskohteita ovat:

- energian paikallisen varastoinnin toteutustapojen esittäminen
- kysyntä- ja kulutusjoustopotentialin mahdollisuuksien läpikäynti
- investoinnin kannattavuuden tarkempi arviointi
- rakennuksen resilienssin, eli häiriötilanteisiin mukautumiskyvyn tarkastelu
- rakennuksen älyvalmiuden huomioon ottaminen katsastuksessa.

Uusiutuvan energiantuotannon voimakkaan kasvun myötä sähkönhinta vaihtelee merkittävästi tuuli- ja aurinkosähkön tuotannon mukaan myös tulevaisuudessa. Mikäli kaukolämmön toimituksessa siirrytään ajanhetkestä riippuvaan hinnoitteluun, tulee energian varastointiratkaisujen ja kulutuksen ohjausratkaisujen merkitys korostumaan entisestään. Myös laitteiden materiaalitehokkuuden, kuten elinkaaren pituuden, resurssivirtojen ja kierrätettävyyden merkitys kasvavat. Materiaalitehokkuus korostuu rakennusten parantuneen energiatehokkuuden myötä, kun rakennuksessa kulutetun energian päästöt vähenevät.

Energiakatsastajan tulisi pyrkiä tunnistamaan kohteeseen parhaiten soveltuvat lämpöpumppujärjestelmät. Mikäli laajoja järjestelmämuutoksia, kuten ilma-vesilämpöpumppu- tai maalämpöjärjestelmää ei voida toteuttaa, tulisi energiansäästökeinoja löytää myös muilla keinoilla, kuten ilmalämpöpumppu- tai suora-höyrysteisillä puhallinkonvektoriratkaisuilla. Pienilläkin energiansäästötoimenpiteillä voidaan saavuttaa vaikuttavuutta, mikäli toimenpiteet ovat monistettavissa.

Energiakatsastus ei vähennä kiinteistön huolellisen ylläpidon merkitystä, vaan se toimii pikemminkin keskeisenä työkaluna kiinteistön ylläpitoon. Hyvin ylläpidetystä kiinteistöstä ei kuitenkaan pitäisi löytyä toimimattomat tai vuotavia laitteet ja verkostoja energiakatsastuksen yhteydessä.

Kiinteistön omistajan tekemät, energiaratkaisuja koskevat päätökset ovat kokonaisratkaisu, johon vaikuttavat seikat ovat aina tapauskohtaisia. Taloudellisten motiivien, kuten investointikustannusten ja takaisinmaksuajan lisäksi valintaan

voi vaikuttaa esimerkiksi saavutettava päästövähennys, investoinnin sisäinen korkokanta, parantuneet olosuhteet tai asiakaskokemukseen vaikuttava lopputuotteen parantunut brändiarvo. Lopullinen valinta tehdään siis kiinteistönomistajan toimintaa ohjaavien osatekijöiden kokonaisoptimoinnin perusteella.

6.2 Johtopäätökset

Opinnäytetyössä käytetyn tutkimusaineiston perusteella löydettiin katsastusmallin merkittävimmät kehityskohteet, joista osa oli tunnistettu jo ennen opinnäytetyön laatimista. Katsastajien palautekysely tuotti myös uutta tietoa katsastusprosessin haasteista, jotka ovat tärkeää tietoa toiminnan kehittämisen kannalta. Käytetty tutkimusaineisto oli kattava, eikä siinä havaittu sisäisiä ristiriitoja. Voidaan siis päätellä, että aineistosta tehdyt johtopäätökset ovat relevantteja.

Tehtyjen pilottikatsastusten perusteella voidaan osoittaa, että laadukkaasti laaditulla energiakatsastuksella voidaan arvioida rakennuksen energiankäyttöä ja tunnistaa olennaiset toimenpiteet rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen. Energiakatsastusten myötä tehdyt toimenpiteet parantavat rakennuksen energiatehokkuutta, tuovat ylläpitoon kustannussäästöjä ja vähentävät rakennuksen ympäristökuormitusta. Energiakatsastus tulisi nähdä tuottavana investointina, eikä kulueränä, jolla on pidemmällä aikavälillä kiinteistön arvoa nostava ja käyttökustannuksia laskeva vaikutus.

Energiakatsastusmallille asetetut tavoitteet tukevat monentyyppisten kiinteistönomistajien intressejä. Katsastuksessa keskitytään olennaisesti energiankäyttöön vaikuttaviin seikkoihin, joten siitä hyötyvät etenkin merkittävästi energiaa käyttävät rakennukset ja sellaiset rakennukset, joiden epäillään olevan epätaloudellisia. Energiakatsastus sopii kuitenkin lähtökohtaisesti lähes kaikille rakennuksille ja tahoille, jotka pyrkivät toiminnassaan edistämään vihreää siirtymää.

Lähteet

Ahonen, K. 2023. Asiantuntija, sisäolosuhteet. Senaatti-kiinteistöt. Keskustelu 18.10.2023.

Ahonen, M., Erkiö, E., Hietaniemi, J., Husu, T., Koski, P. & Suomi, U. 2005. Kiinteistön energiakatsastuksen toteutus- ja raportointiohjeet. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/10546/Kiinteiston_energiakatsastuksen_toteutus-_ja_raportointiohjeet.pdf>. Päivitetty syyskuussa 2015. Luettu 31.8.2023.

Alasuutari, P. 1999. Laadullinen tutkimus. 3., uudistettu painos. Tampere: Vastapaino.

Astetta alemmas -energiansäästökampanja. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/21629/Astetta_alemmas_-energiansaastokampanjan_loppuraportti.pdf>. Luettu 5.12.2023.

Asuinkiinteistön kuntoarvio. 2019. RT 103003. Rakennustieto Oy.

Baechler, M., Strecker, C. & Shafer, J. 2011. Verkkoaineisto. A Guide to Energy Audits. Richland: Pacific Northwest National Laboratory. <https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-20956.pdf>. Luettu 7.9.2023.

Bekendtgørelse om obligatorisk energisyn i store virksomheder. 2014. 23.11.2014/3007/3015-0001.

Energiakatsastusohje. 2023. Sisäinen aineisto. Jalo, T., Senaatti-kiinteistöt.

Energiakatsastuspalvelu. 2023. Sisäinen aineisto. Senaatti-kiinteistöt.

Energiakatsastuspalvelu 2024–2027. 2023. Verkkoaineisto. Julkisen puitesopimuskilpailutuksen hankintailmoitus. Hilma. <<https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/public/procurement/92880/notice/136688/details>>. 17.9.2023. Luettu 22.9.2023.

Energiatehokkaat korjausrakentamisen ratkaisut. Lämmitys ilmavesilämpöpumpulla. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/lammitys-ilmavesilampopumpulla>>. Luettu 7.12.2023.

Energiatehokkuuden tarkastuslista. 2023. Ei julkisessa jakelussa. Motiva Oy.

Energiatehokkuuslaki. 2014. 30.12.2014/1429.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta. 2012. Direktiivi 2012/27/EU. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 14.11.2012. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&qid=1704446954060>>. Luettu 25.9.2023.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. 2010. Direktiivi 2010/31/EU. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 18.6.2010. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&qid=1704466126806>>. Luettu 25.9.2023.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten älyvalmiuden luokitusjärjestelmästä. 2020. Asetus 2010/2155. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 14.10.2020. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R2155&qid=1704462885718>>. Luettu 9.11.2023.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. 2009. Direktiivi 2009/28/EC. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 5.6.2009. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&qid=1704470398588>>. Luettu 29.9.2023.

Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>>. Luettu 30.10.2023.

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. Verkkoaineisto. Euroopan unionin neuvosto. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/#what>>. Luettu 30.10.2023.

Heinero, H. 2022. Energiakustannukset alas täsmäkatselmuksella. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/19711/1._Tasmakatselmuksset_2021-2022_Motiva_Oy.pdf>. 16.2.2022. Luettu 4.11.2023.

Hietaniemi, J., Husu, T., Koski, P., Mustasilta, H. & Suomi, U. 2004. Verkkoaineisto. Kiinteistön energiakatselmuksen toteutus- ja raportointiohjeet. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/10551/Kiinteiston_energiakatselmuksen_toteutus_ja_raportointiohjeet.pdf> Päivitetty 2015. Luettu 31.8.2023.

Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B. & Hirvonen, P. 2022. Hiili-neutraali Suomi 2035 - kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 9.9.2022. Luettu 3.11.2023.

Hyvä sisäilma -suositukset. 2019. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Hyva-sisailma-suositukset>>. Luettu 10.11.2023.

Häkämies, S., Hirvonen, J., Jokisalo, J., Knuuti, A., Kosonen, R., Niemelä, T., Paiho, S., Pulakka, S. 2015. Heat pumps in energy and cost efficient nearly zero energy buildings in Finland. Verkkoaineisto. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <<https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2015/T235.pdf>>. Luettu 22.12.2023.

Ilmanvaihdon sammuttaminen yöksi ei heikennä oppilaitosten koettua sisäilman laatua – säästää lisäksi lämmitysenergiaa. 2023. Verkkoaineisto. Tampereen yliopisto. <<https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/ilmanvaihdon-sammuttaminen-yoksi-ei-heikenna-oppilaitosten-koettua-sisailman-laatua>>. 4.9.2023. Luettu 10.11.2023.

Ilmastolaki. 2022. 10.6.2022/423.

Introducing the Heat Pump Readiness Indicator: How to make Energy Performance Certificates fit for heat pumps. 2023. Verkkoaineisto. The European Consumer Organisation. <https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2023/04/Full-report_Introducing-the-heat-pump-readiness-indicator.pdf>. Luettu 10.12.2023.

Katsastusten ohjeistus, energiakatsastukset. 2023. Sisäinen aineisto. Senaatti-kiinteistöt.

Kotro, P., Sekki, T. & Väisänen, H. 2023. Uudistettu EED ajankohtaisinfo. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/21404/Uudistettu_EED_ajankohtaisinfo_6.6.2023.pdf>. 6.6.2023. Luettu 1.11.2023.

Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 2013. 18.1.2013/50.

Laki Senaatti-kiinteistöistä ja Puolustuskiinteistöistä. 2020. 17.10.2020/1018.

LVI2010-nimikkeistö. 2011. LVI 00-10473. Rakennustieto Oy.

Maalämpösuunnitteluohje. 2021. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/Att/Maalamposuunnitteluohje%20ver1.0.pdf>>. 6.9.2021. Luettu 7.12.2023.

Näin luet energiatodistusta. 2022. Verkkoaineisto. Motiva Oy <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/nain_luet_energiatodistusta>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 4.11.2023.

Näin Senaatti leikkaa päästöjä vuoteen 2035 mennessä. 2022. Verkkoaineisto. Senaatti-kiinteistöt. <https://www.senaatti.fi/senaatti_article/nain-senaatti-leikkaa-paastoja-vuoteen-2035-mennessa/>. 28.1.2022. Luettu 3.10.2023.

Ohje tarkastusasiakirjan pitämisestä. Verkkoaineisto. Turun kaupunki. <https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/ohje_tarkastusasiakirjan_pitamisesta.pdf>. Luettu 28.10.2023.

Ominaiskulutukset palvelusektorilla. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/ominaiskulutukset_palvelusektorilla>. Päivitetty 27.1.2023. Luettu 14.11.2023.

Pariisin ilmastopöytäkirja. Verkkoaineisto. Euroopan unionin neuvosto. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/paris-agreement/>>. Luettu 30.10.2023.

Pipatti, P., Korpi, A. & Koponen, R. 2018. Kokemuksia rakenteiden ja ilmanvaihdon katsastusmallista. Verkkoaineisto. Senaatti-kiinteistöt. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/content/download/3917/25285/Sisem2018%2BPipatti%2BPasi.pdf>>. Luettu 12.9.2023.

Procedures for Commercial Building Energy Audits. 2004. Verkkoaineisto. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. <<https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/procedures-for-commercial-building-energy-audits>>. Päivitetty 2011. Luettu 5.9.2023.

Rakennuskatsastuskortit 3.0. 2023. Sisäinen aineisto. Senaatti-kiinteistöt.

Rakennuskatsastusohjeet 3.0. 2023. Sisäinen aineisto. Koponen, R. & Igoni, T., Senaatti-kiinteistöt.

Rakennusten energiatehokkuus. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>>. Luettu 3.11.2023.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistus. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistus>>. Luettu 31.10.2023.

Rakennusten mittarointiohje. 2022. Sisäinen aineisto. Halmetoja, E., Senaatti-kiinteistöt.

Rakennusten älyindikaattori – Smart Readiness Indicator (SRI). 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjaukeino/rakennusten_alyindikaattori>. Päivitetty 10.2.2023. Luettu 4.11.2023.

Rakentaminen ja rakennukset. 2022. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset>. Päivitetty 1.11.2022. Luettu 3.11.2023.

Rakenteiden ja ilmanvaihdon katsastukset 2.0. 2020. Sisäinen aineisto. Koponen, R., Senaatti-kiinteistöt.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkoaineisto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietokanto. <<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>>. Luettu 4.10.2023.

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Ilmavirtojen ohjaus. 2019. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/10-ilmavirtojen-ohjaus>>. Päivitetty 7.6.2023. Luettu 10.11.2023.

Total net greenhouse gas emission trends and projections in Europe. 2023. Verkkoaineisto. Euroopan ympäristövirasto. <<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/total-greenhouse-gas-emission-trends>>. 24.8.2023. Luettu 30.11.2023.

Tuetut energiakatselmukset. 2023 Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset>. Päivitetty 9.5.2023. Luettu 12.9.2023.

Täsmäkatselmus. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/tasmakatselmus>. Päivitetty 5.10.2023. Luettu 5.10.2023.

Uusiutuva energia. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia>. Päivitetty 3.8.2023. Luettu 17.9.2023.

Uusiutuvan energian direktiivistä saavutettu kunnianhimoinen sopu EU:n trilogineuvotteluissa. 2023. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <<https://valtioneuvosto.fi//1410877/uusiutuvan-energian-direktiivista-saavutettu-kunnianhimoinen-sopu-eu-n-trilogineuvotteluissa>>. 30.3.2023. Luettu 1.11.2023.

Vilka, H. 2005. Tutki ja kehitä. Helsinki: Tammi.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2017. 1048/20.12.2017.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. 1010/20.12.2017.

Liite 1: Katsastusten auditointipisteiden arviointikriteeristö

Energiatodistuksen auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- | | |
|---|------------------------------------------------|
| 1 | Energiatehokkuusluokka F tai G tai ei voimassa |
| 2 | Energiatehokkuusluokka E |
| 3 | Energiatehokkuusluokka D |
| 4 | Energiatehokkuusluokka C |
| 5 | Energiatehokkuusluokka A tai B |

Energian mittaroinnin auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- | | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Ei tarvittavia mittauksia. Kohteessa ei ole sähkön, lämmityksen eikä jäähdytyksen mittauksia edes päämittaritasolla.
<i>TAI</i> mittalaitteet ovat rikkiäiset eikä luotettavaa mittausdataa ole saatavilla. |
| 2 | Manuaalimittaukset, joita ei seurata. Kohteessa on manuaalisesti luettavat energianpäämittaukset, joiden kulutusdataa ei seurata vaan ne raportoidaan pelkästään energiayhtiölle. |
| 3 | Manuaalimittaukset, käsin syöttö seurantajärjestelmään. Kohteessa on manuaalimittaukset, joita luetaan käsin ja mittauslukemat syötetään seurantajärjestelmään esim. kuukausittain käsin. |
| 4 | Automaattiset päämittaukset ja energiankulutuksen seuranta. Kohteessa on automaattimittaukset, joista tieto siirtyy jatkuvana automaattisesti energiankulutuksen seurantajärjestelmään. |
| 5 | Automaattiset pää- ja alamittaukset. Kohteessa on automaattimittaukset pää- ja alamittaustasolla, joista tieto siirtyy jatkuvana automaattisesti energiankulutuksen seurantajärjestelmään. |

Pohjakuormien auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Yli 80 % kokonaiskulutuksesta. Pohjakuorman osuus energiankulutuksesta on huomattavan suuri ja energiaa kuluu hukkaan tai sitä ei oteta talteen ollenkaan.
- 2** 60–80 % kokonaiskulutuksesta. Pohjakuorman osuus energiankulutuksesta on suuri ja energiaa kuluu hukkaan tai sitä ei oteta talteen järkevästi.
- 3** 40–60 % kokonaiskulutuksesta. Pohjakuorman osuus energiankulutuksesta on n. puolet energiankulutuksesta ja energiaa otetaan talteen pelkästään yksittäisistä järjestelmistä kuten esimerkiksi ilmanvaihdosta.
- 4** 20–40 % kokonaiskulutuksesta. Pohjakuorman osuus energiankulutuksesta on normaalilla tasolla ja energiaa otetaan talteen tai kierrätetään useammasta järjestelmästä.
- 5** Alle 20 % kokonaiskulutuksesta. Pohjakuorman osuus energiankulutuksesta on vähäinen ja energiankulutusta ohjataan tarpeenmukaisesti käyttöaikojen ulkopuolella. Energiaa ei kulu hukkaan käyttöaikojen ulkopuolella ja sitä otetaan talteen useammasta järjestelmästä.

Ominaiskulutuksen auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Poikkeavan korkea ominaiskulutus, sekä suuri potentiaali energiatehokkuuden parantamiselle
- 2** Motiva ominaiskulutus alakvartiili
- 3** Motiva ominaiskulutus mediaani
- 4** Motiva ominaiskulutus yläkvartiili
- 5** Poikkeavan matala ominaiskulutus, sekä erittäin vähäinen potentiaali energiatehokkuuden parantamiselle

Energiankierrätyspotentiaalın auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Suuri potentiaali ja jatkoselvitystarve. Rakennuksessa esiintyy merkittävästi jatkuvaa hukkaenergiaa, jota olisi potentiaalista ottaa talteen, mutta tällä hetkellä ei ollenkaan oteta talteen.
- 2** Hyvä potentiaali ja jatkoselvitystarve. Rakennuksessa esiintyy hukkaenergiaa, jota olisi potentiaalia ottaa talteen, mutta potentiaalia ei hyödynnetä tehokkaasti tällä hetkellä.
- 3** Keskimääräinen potentiaali. Rakennuksessa esiintyy jonkin verran hukkaenergiaa, jota hyödynnetään jo pääosin energiankierrätyksen kautta.
- 4** Vähäinen potentiaali. Rakennuksessa ei juuri esiinny hukkaenergiaa, tai hukkaenergiat hyödynnetään jo pääosin tehokkaasti energiankierrätyksen kautta.
- 5** Ei potentiaalia. Rakennuksessa ei esiinny energiankierrätykseen soveltuvaa hukkaenergiaa tai kaikki mahdollinen hukkaenergia kierrätetään jo tehokkaasti rakennuksen käyttöön.

Uusiutuvan energian potentiaalın auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Suuri potentiaali ja jatkoselvitystarve. Rakennuksessa ei hyödynnetä ollenkaan uusiutuvia energianlähteitä ja tekniset ominaisuudet, kuten esimerkiksi kattopinta-ala, sijainti tai järjestelmät ovat sopivia uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiselle.
- 2** Hyvä potentiaali ja jatkoselvitystarve. Rakennuksessa ei hyödynnetä ollenkaan uusiutuvia energianlähteitä ja tekniset ominaisuudet, kuten esimerkiksi kattopinta-ala, sijainti tai järjestelmät ovat osittain sopivia uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiselle.
- 3** Keskimääräinen potentiaali. Rakennuksessa hyödynnetään jonkin verran uusiutuvia energianlähteitä ja rakennuksen tekniset ominaisuudet, kuten esimerkiksi kattopinta-ala, sijainti tai järjestelmät ovat osittain sopivia uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäämiselle.
- 4** Vähäinen potentiaali. Rakennuksessa hyödynnetään uusiutuvia energianlähteitä tai tekniset ominaisuudet, kuten esimerkiksi kattopinta-ala, sijainti tai järjestelmät eivät mahdollista uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen merkittävästi.

5 Ei potentiaalia. Rakennuksessa hyödynnetään merkittävästi uusiutuvia energianlähteitä tai tekniset ominaisuudet, kuten esimerkiksi kattopinta-ala, sijainti tai järjestelmät eivät mahdollista uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä ollenkaan.

Lämmityksen keskus- ja alueosat -auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

1 Todella heikko energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

2 Heikko energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

3 Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

4 Hyvä energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.

5 Erinomainen energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Lämmityksen pääteosat -auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

1 Todella heikko energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän pääteosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

2 Heikko energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän pääteosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

- 3** Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän pääteosat ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4** Hyvä energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän pääteosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5** Erinomainen energiatehokkuuden taso. Lämmitysjärjestelmän pääteosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Käyttöveden lämmitysjärjestelmät -auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Todella heikko energiatehokkuuden taso. Vesi- ja viemärijärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 2** Heikko energiatehokkuuden taso. Vesi- ja viemärijärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3** Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Vesi- ja viemärijärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4** Hyvä energiatehokkuuden taso. Vesi- ja viemärijärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5** Erinomainen energiatehokkuuden taso. Vesi- ja viemärijärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat -auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Todella heikko energiatehokkuuden taso. Ilmastointijärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

- 2 Heikko energiatehokkuuden taso. Ilmastointijärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3 Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Ilmastointijärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4 Hyvä energiatehokkuuden taso. Ilmastointijärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5 Erinomainen energiatehokkuuden taso. Ilmastointijärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat -auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1 Todella heikko energiatehokkuuden taso. Jäähdytysjärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 2 Heikko energiatehokkuuden taso. Jäähdytysjärjestelmän keskusosat eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3 Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Jäähdytysjärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4 Hyvä energiatehokkuuden taso. Jäähdytysjärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5 Erinomainen energiatehokkuuden taso. Jäähdytysjärjestelmän keskusosat ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

LVI-erityisjärjestelmät-auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Todella heikko energiatehokkuuden taso. LVI-erityisjärjestelmät eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 2** Heikko energiatehokkuuden taso. LVI-erityisjärjestelmät eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3** Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. LVI-erityisjärjestelmät ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4** Hyvä energiatehokkuuden taso. LVI-erityisjärjestelmät ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5** Erinomainen energiatehokkuuden taso. LVI-erityisjärjestelmät ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Valaistus-auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Todella heikko energiatehokkuuden taso. Valaistusta ei ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 2** Heikko energiatehokkuuden taso. Valaistusta ei ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3** Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Valaistus on suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4** Hyvä energiatehokkuuden taso. Valaistus on suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5** Erinomainen energiatehokkuuden taso. Valaistus on suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä siinä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät -auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Todella heikko energiatehokkuuden taso. Sähkölämmitysjärjestelmä(t) eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 2** Heikko energiatehokkuuden taso. Sähkölämmitysjärjestelmä(t) eivät ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3** Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Sähkölämmitysjärjestelmä(t) ovat suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4** Hyvä energiatehokkuuden taso. Sähkölämmitysjärjestelmä(t) ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja niiden osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.
- 5** Erinomainen energiatehokkuuden taso. Sähkölämmitysjärjestelmä(t) ovat suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä niissä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Rakennusautomaatiojärjestelmä-auditointipisteen arviointiperusteet

Arviointi

- 1** Todella heikko energiatehokkuuden taso. Rakennusautomaatiojärjestelmä ei ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy merkittävää potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 2** Heikko energiatehokkuuden taso. Rakennusautomaatiojärjestelmä ei ole suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 3** Keskimääräinen energiatehokkuuden taso. Rakennusautomaatiojärjestelmä on suunniteltu ja toteutettu osittain energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy jonkin verran potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.
- 4** Hyvä energiatehokkuuden taso. Rakennusautomaatiojärjestelmä on suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti ja sen osalta esiintyy vähäinen potentiaali energiatehokkuustoimenpiteille.

5 Erinomainen energiatehokkuuden taso. Rakennusautomaatiojärjestelmä on suunniteltu ja toteutettu energiatehokkaasti, eikä siinä esiinny potentiaalia energiatehokkuustoimenpiteille.

Liite 2. Energiakatsastuksen kokonaisarvosanan laskenta kohteeseen 1

	arviointi
A01 Energiatodistus	1
A02 Energian mittarointi	4
A03 Pohjakuormat	3
A04 Ominaiskulutukset	3
A05 Energiankierrätyspotentiaali	2
A06 Uusiutuvan energian potentiaali	2
B01 Lämmityksen keskus- ja alueosat	3
B02 Lämmityksen pääteosat	3
C01 Käyttöveden lämmitysjärjestelmä	4
D01 Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat	3
E01 Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat	3
F01 LVI-erityisjärjestelmät	5
G01 Valaistus	3
G02 Sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät	3
H01 Rakennusautomaatio	4

$$\langle x \rangle = \frac{1}{8} * \frac{A01 + A02 + A03 + A04 + A05 + A06}{6} + \frac{1}{8} * \frac{B01 + B02}{2} + \frac{1}{8} * C01 +$$

$$\frac{1}{8} * D01 + \frac{1}{8} * E01 + \frac{1}{8} * F01 + \frac{1}{8} * \frac{G01 + G02}{2} + \frac{1}{8} * H01$$

$$\langle x \rangle = \frac{1}{8} * \frac{1 + 4 + 3 + 3 + 2 + 2}{6} + \frac{1}{8} * \frac{3 + 3}{2} + \frac{1}{8} * 4 + \frac{1}{8} * 3 + \frac{1}{8} * 3 + \frac{1}{8} * 5 +$$

$$\frac{1}{8} * \frac{3 + 3}{2} + \frac{1}{8} * 4$$

$$\langle x \rangle \approx 3,4$$

Liite 3. Energiakatsastuksen tarkastuslista

	Tarkas- tettu	Ei koh- teessa	Toimenpide- ehdotus	Energiansäästö- potentiaali	Takaisinmak- suaika
Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	↓	↓	↓	↓	↓
Lämmityksen tuotantotapa Arvioidaan kiinteistön lämmöntuottotavan energiatehokkuutta ja päästövaikutusta. Tarkastellaan lämpöpumppujärjestelmien toteutusmahdollisuutta.					
Jäähdytyksen tuotantotapa Arvioidaan kiinteistön jäähdytyksen tuottotavan energiatehokkuutta ja päästövaikutusta. Tarkastellaan jäähdytysenergian vaihtoehtoisia toteutusmahdollisuuksia (esimerkiksi maakylmä) ja energiankierrätyksen hyödyntämistä.					
Lämmönsiirtimien toiminta Tarkastetaan mahdolliset vuodot ja arvioidaan jäljellä oleva käyttöikä (lämmönsiirron toimivuus ja laiterikon todennäköisyys).					
KL-siirtimien mitoituslämpötilat Tarkastetaan mahdollisuus siirtyä matalampiin lämpötiloihin siirtimien uusimisen yhteydessä					
Lämmitysenergian varastointi Tarkastetaan energiavaraajien tai muiden paikallisten lämmitysenergian varastointijärjestelmien toiminta ja arvioidaan niiden energiatehokkuus. Kartoitetaan energian varastoinnin lisäämisen mahdollisuudet.					

<p>Lämpöpumppujen toiminta</p> <p>Tarkastetaan lämpöpumppujen sähkönkulutus, sähkövastusten ja muun lisälämmön käyttämä energia sekä toiminnassa havaitut poikkeamat. Tarkastetaan maalämmön keruupiirin meno- ja paluulämpötilat. Laitteiston silmämääräinen ja äänentuoton tarkastus. Laitteistoon tehdyn huolto- ja korjaushistorian läpikäynti.</p>					
<p>Kiertovesipumppujen ohjaus</p> <p>Arvioidaan kiertovesipumppujen energiatehokkuutta. Tutkitaan kuristus- tai ohjuok-sutussäädettyjen pumppujen muutosta kierrosohjatuiksi esimerkiksi taajuusmuutta-jilla. Tarkastetaan, että verkoston pumppu ei käy tarpeettomasti lämmitys-/jäähdytys-kauden ulkopuolella, pois lukien toiminnan varmistavat käyntijaksot.</p>					
<p>Verkostojen lämmönsäädön toiminta</p> <p>Tarkastetaan lämmitys- ja jäähdytysverkostojen säätökäyrät ja huomioidaan kiinteis-tönhoitajan kommentit säädön toimivuudesta. Verrataan asetusrvoja suunnitelma-asiakirjoihin ja toimintakaavioihin.</p>					
<p>Verkostojen tarkoituksenmukaisuus</p> <p>Arvioidaan lämmitys- ja jäähdytysverkostojen toimivuutta rakennuksen olosuhteiden hallintaan. Selvitetään mahdollisuus jakaa lämmitys- ja jäähdytysverkostoja eri piirei-hin käyttötarkoituksen tai ohjauksen mukaan, mikäli se on energiataloudellisesti kan-nattavaa.</p>					
<p>Lämmönluvuttimien toiminta</p> <p>Varmistetaan, että lämmönluvuttimilla on toiminnan vaatima riittävä ilmankierto eikä niitä ole peitetty esimerkiksi kalustuksella tai verhoilla.</p>					
<p>Sulanapitojärjestelmät</p> <p>Tarkastetaan vesikiertoisten sulanapitojärjestelmien, kuten ulkoalueiden sulanapito-järjestelmien asetusrvot ja ohjaustapa. Kartoitetaan mahdollisuudet ohjauksen ener-giatehokkuuden parantamiseksi.</p>					

Sähkölämmityksen korvaaminen vesikiertoisella lämmitysjärjestelmällä Kartoitetaan mahdollisuus korvata sähkölämmitykset vesikiertoisella lämmitysjärjestelmällä, jonka energia tuotetaan esimerkiksi lämpöpumpulla.					
Lämmityksen ja jäähdytyksen päällekkäisyys Tarkastetaan lämmönluovutuksen tarkoituksenmukaisuus, ettei tiloissa ole päällekkäistä lämmitystä ja jäähdytystä. Varmistetaan, ettei talviaikana jäähdytetä ja kesäaikana lämmitetä, mikäli rakennuksen toiminta tai muut syyt eivät sitä edellytä.					
Erillisjäähdytys Arvioidaan erillisjäähdyttimien käyttömahdollisuuksia tiloissa, joiden jäähdytystarve on jatkuvaa tai korostunutta. Energiansäästöä voidaan saavuttaa, mikäli paikallisjäähdytyksellä voidaan lyhentää muun jäähdytysjärjestelmän käyttöaikaa.					
Vapaajäähdytys Tarkastetaan, hyödynnetäänkö jäähdytyksessä vapaajäähdytystä.					
Lauhdelämmön hyödyntäminen Kartoitetaan lauhdelämmön hyödyntämismahdollisuudet kiinteistön muissa järjestelmissä.					
Ilmanvaihtojärjestelmät					
Ilmanvaihtojärjestelmien energiatehokkuus Tarkastetaan käytössä olevat ilmanvaihtojärjestelmät ja niiden energiankäyttö. Järjestelmille, joissa ei ole lämmöntalteenottoa (painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto), kartoitetaan toteutustavat energiatehokkuuden parantamiseksi.					
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto Tarkastetaan ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton hyötysuhteet ja arvioidaan niiden energiatehokkuuden tasoa. Tarkastellaan heikon hyötysuhteen laitteiden uusimispotentiaalia. Tarkastetaan lämmöntalteenoton huurtumiseneston ja sisäänpuhaluslämpötilan asetusarvot. Kartoitetaan ilmanvaihtolaitteet, joissa ei ole lämmöntalteenottoa ja tarkastellaan niiden lämmöntalteenottopotentiaalia.					

<p>Puhaltimien energiatehokkuus</p> <p>Arvioidaan puhallintyyppin, voimansiirron ja sähkömoottorin energiatehokkuutta laitteiston ominaissähkötehon perusteella. Tarkastellaan energiatehokkuudeltaan heikkojen puhaltimien, kuten hihnavetoisten radiaalipuhaltimien, muutosmahdollisuutta esimerkiksi suorakäyttöisiksi kammiopuhaltimiksi.</p>					
<p>Jälkilämmitys- ja jäähdytyspatterit</p> <p>Arvioidaan ilma-vesilämpöpumppujen käyttömahdollisuutta ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja -jäähdytykseen.</p>					
<p>Ilmanvaihdon käyntiajat ja tarpeenmukainen ilmanvaihto</p> <p>Tarkastetaan ilmanvaihdon ohjaus- ja säätötavat. Arvioidaan tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toimivuutta tai sen toteuttamispotentiaalia esimerkiksi vyöhykelleillä. Tarkastetaan käytönajan aikaohjelmat ja käytönajan ulkopuoliset osatehot/pysäytysjaksot. Arvioidaan aikaohjelmien tarkoituksenmukaisuutta rakennukseen käyttö huomioiden.</p>					
<p>Kierto-, siirto- ja palautusilman käyttö</p> <p>Kartoitetaan kierto-, siirto- ja palautusilman käytön nykytila ja hyödyntämismahdollisuudet.</p>					
<p>Yötuuletus</p> <p>Tarkastetaan ilmanvaihdon yötuuletuksen hyödyntämismahdollisuus rakenteisiin varautuneen yllilämmön poistamiseen.</p>					
Käyttövesijärjestelmät					
<p>Verkoston painetaso ja paineenkorotuspumput</p> <p>Tarkastetaan käyttövesiverkoston painetaso ja paineenkorotuspumppujen toiminta.</p>					
<p>Käyttövesiverkoston lämpötilat</p> <p>Tarkastetaan lämmityslaitteelta lähtevän lämpimän käyttöveden lämpötila ja kierto-veden paluulämpötila.</p>					

Lämmönsiirtimet ja vedenlämmittimet Tarkastetaan mahdolliset siirrinvuodot ja arvioidaan jäljellä oleva käyttöikä (lämmönsiirron toimivuus ja laiterikon todennäköisyys).					
Kiertovesipumppujen energiatehokkuus Arvioidaan kiertovesipumppujen energiatehokkuutta.					
Sähköjärjestelmät					
Valaistuksen tarpeenmukaisuus ja aikaohjelmat Arvioidaan sisä- ja ulkovalaistuksen todellista tarvetta ja verrataan niitä rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelmien asetusarvoihin. Kartoitetaan päivänvalo-ohjauksen soveltuvuus sisätiloissa. Tarkastetaan liiketunnistinohjauksen nykytilanne ja hyödyntämismahdollisuudet kohteessa.					
Valaistuksen voimakkuus ja valaisimien sijoittelu Arvioidaan tilojen valaistusvoimakkuutta ja valaisimien sijoittelua.					
Valaistuksen energiatehokkuus Tarkastetaan valaisintyypit ja arvioidaan niiden perusteella valaistuksen energiatehokkuutta. Tarkastellaan vanhojen valaisimien uusimismahdollisuuksia LED-valaisimiin.					
Sulanapitojärjestelmät Tarkastetaan sähköisten sulanapitojärjestelmien, kuten ulkoalueiden sulanapito-, saattolämmitys- ja sadevesijärjestelmien sulanapitojärjestelmien asetusarvot ja ohjaustapa. Kartoitetaan mahdollisuudet ohjauksen energiatehokkuuden parantamiseksi.					
Sähkölämmityksen toiminta ja ohjaus Tarkastetaan sähköisten lämmittimien toiminta ja säätöarvot (tiloja ei yllämmitetä). Kartoitetaan mahdollisuus lämpötilapudotuksiin, kun tiloissa ei oleskella tai tilassa ei ole tarvetta esimerkiksi sähköisen lattialämmityksen kuivaustoiminnalle.					

<p>Saunojen lämmitys</p> <p>Selvitetään saunojen lämmitysaika ja todellinen käyttöaika. Saunojen lämmitysjaksojen tulee vastata todellista käyttötarvetta.</p>					
Rakennusautomaatiojärjestelmä, energiavirrat ja energianseuranta					
<p>Rakennusautomaatiojärjestelmä</p> <p>Arvioidaan rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnallisuus ja edellytykset rakennuksen energiatehokkaaseen käyttöön. Tarkastetaan, että kaikkien laitteiden ja valaistuksen ohjaukset on liitetty rakennusautomaatioon.</p>					
<p>Taloteknisten järjestelmien mittarointi</p> <p>Arvioidaan mm. lämmitys-, käyttövesi-, ilmanvaihto-, sähkö- ja jäähdytysjärjestelmien mittaroinnin tason riittävyttä. Kattava mittarointi mahdollistaa eri järjestelmien ja laitteiden energiankäytön seurannan.</p>					
<p>Kulutusjousto</p> <p>Selvitetään, onko rakennuksessa energian tuotantoa ja kulutusta tasapainottava toiminnallisuus.</p>					
<p>Pohjakuormat</p> <p>Tarkastetaan rakennuksen sähkönkulutusprofiili, josta analysoidaan rakennuksen sähkönkulutusta käytönaikana ja käytönajan ulkopuolella. Pohjakuormatarkastelu tehdään alamittauskohtaisesti, mikäli mahdollista.</p>					
<p>Ominaiskulutukset</p> <p>Haetaan rakennuksen sähkön- ja lämpöenergian kulutustiedot, joiden perusteella lasketaan rakennuksen ominaiskulutukset.</p>					
Uusiutuvat energiamuodot					
<p>Aurinkosähkö</p> <p>Kartoitetaan aurinkosähkön tuotannon mahdollisuuksia ja kannattavuutta.</p>					
<p>Aurinkolämpö</p> <p>Kartoitetaan aurinkolämmön tuotannon mahdollisuuksia ja kannattavuutta.</p>					

Ilmalämpöpumppu Kartoitetaan ilmalämpöpumppujen hyödynnettävyyttä ja kannattavuutta, erityisesti sähkölämmityksen korvaajana.					
Poistoilmalämpöpumppu Kartoitetaan poistoilmalämpöpumpun soveltuvuutta ja kannattavuutta.					
Maalämpöpumppu Kartoitetaan nykyisen lämmitysjärjestelmän korvaamisen toteutettavuutta ja kannattavuutta maalämmöllä.					
Ilma-vesilämpöpumppu Kartoitetaan nykyisen lämmitysjärjestelmän korvaamisen toteutettavuutta ja kannattavuutta ilma-vesilämpöpumpulla.					

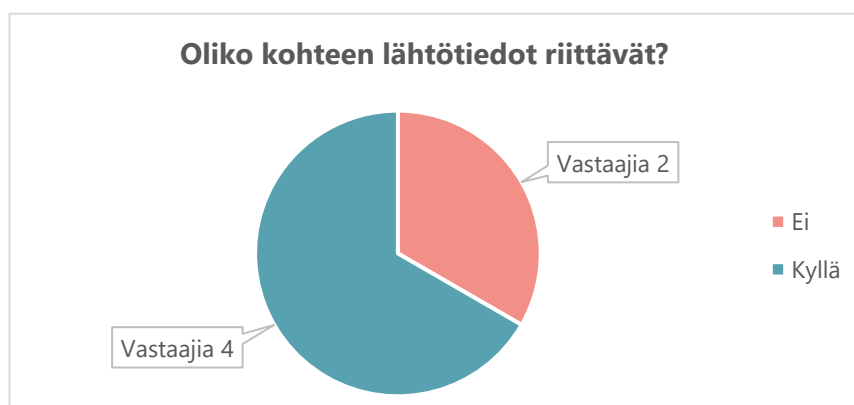
	keskiarvo	mediaani	moodi	keskihajonta
A01 Energiatodistus	2,7	3,0	3,0	1,11
A02 Energian mittarointi	3,6	3,5	3,0	0,64
A03 Pohjakuormat	3,5	4,0	4,0	0,78
A04 Ominaiskulutukset	3,4	3,0	3,0	0,48
A05 Energiankierrätyspotentiaali	2,8	2,5	2,0	0,83
A06 Uusiutuvan energian potentiaali	3,1	3,0	2,0	0,95
B01 Lämmityksen keskus- ja alueosat	3,4	3,0	3,0	0,76
B02 Lämmityksen pääteosat	3,6	3,0	3,0	0,76
C01 Käyttöveden lämmitysjärjestelmä	3,6	4,0	4,0	0,95
D01 Ilmastoinnin keskus-, pääte- ja alueosat	3,2	3,0	3,0	0,69
E01 Jäähdytyksen keskus-, alue- ja pääteosat	3,4	3,0	3,0	0,49
F01 LVI-erityisjärjestelmät	3,9	4,0	4,0	0,93
G01 Valaistus	2,7	2,0	2,0	0,94
G02 Sähköiset lämmitykset ja sulanapitojärjestelmät	3,8	4,0	4,0	0,43
H01 Rakennusautomaatio	3,8	4,0	4,0	0,55

Liite 5. Katsastajien palautekyselyn kysymykset ja tulokset

Haastattelukysymys 1. Oliko kohteen lähtötiedot riittävät?

Suurin osa vastaajista kokee lähtötietojen olleen riittävät (kuva 7). Vastaajien perusteluja ovat:

- Kyllä. Huoltokirja- ja projektipankkioikeuksien saaminen hyvissä ajoin ennen aloituspalaveria takaavat lähtötietojen riittävyyden.
- Ei. Harvoin ovatkaan.
- Ei oikeastaan. LVIAS-suunnitelmat olisivat olleet hyödyksi.



Kuva 7. Palautekyselyn tulokset lähtötietojen riittävyydestä.

Haastattelukysymys 2. Oliko käytössäsi suunnitelmat ja energiankulutus-tiedot ja tutustuitko niihin ennen kohteelle saapumista?

Puolet vastaajista olivat saaneet kaikki lähtötiedot käyttöönsä ennen kohdekäyntiä (kuva 8). Loput vastaajat olivat saaneet osan lähtötiedoista käyttöönsä ennen kohdekäyntiä. Kaikki vastaajat tuovat ilmi, että olivat käyneet läpi saadut lähtötiedot ennen kohdekäyntiä. Vastaajien perusteluja ovat:

- Sain kulutustiedot kohteessa käynnin jälkeen.
- Osa oli osa ei. Tutustuin.

- LVIAS-suunnitelmia ei ollut. Energiankulutustiedot olivat saatavissa Managerista. Kävin läpi lähes kaiken Managerissa olevan aineiston ennen kohdekäyntiä - tietoja löytyi sieltä täältä eri huoltoraporteista, joista piti muodostaa kokonaisuus.

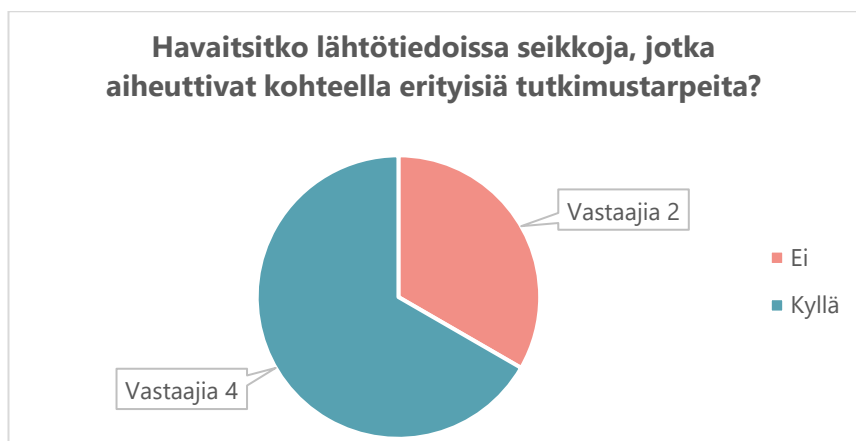


Kuva 8. Palautekyselyn tulokset suunnitelmien ja energiankulutustietojen saatavuudesta ja niihin tutustumisesta ennen kohdekäyntiä.

Haastattelukysymys 3. Havaitsetko lähtötiedoissa seikkoja, jotka aiheuttivat kohteella erityisiä tutkimustarpeita?

Suurin osa vastaajista pystyi tunnistamaan lähtötiedoista seikkoja, joihin kohdistettiin huomiota myös kohteella (kuva 9). Vastaajien perusteluja ovat:

- Kyllä, mm. jäähdytyksen tuotanto, sisäilmaraportteja, korjauskohteita. Maininnat VJK:sta ja jäähdytyksestä ovat aina asioita, joita pitää tarkastella kiinteistössä. Myös autohallit ovat potentiaalisia energiansäästökohteita.
- Lähtötietojen perusteella tehtiin havaintoja ns. potentiaalisimmista energiansäästökohteista jo etukäteen.



Kuva 9. Palautekyselyn tulokset tutkimustarpeista, jotka ilmenivät lähtötietojen perusteella.

Haastattelukysymys 4. Saitko riittävät lähtötiedot mahdollisista tiedossa olevista energiansäästötoimenpiteistä, joihin katsastus olisi hyvä kohdistaa?

Suurin osa vastaajista kokee saaneensa riittävästi lähtötietoja kohteen tunnistetuista energiankäytön ominaispiirteistä (kuva 10). Vastaajien perusteluja ovat:

- En, mutta kohteella haastatteluista ja puheluilla sai lisätietoja.
- En saanut. LVIAS-suunnitelmista varsinkin RAU-suunnitelmista olisi ollut paljon hyötyä mm. IV-koneiden käytintavoista ja kokoonpanoista sekä laitesijoituksista.
- Kyllä. Aloituspalaverissa käytiin tehdyt ja alustavasti suunnitellut toimenpiteet kattavasti läpi.



Kuva 10. Palautekyselyn tulokset lähtötiedoista, jotka koskivat tiedossa olevia energiansäästötoimenpiteitä.

Haastattelukysymys 5. Miten kuvailisit tekemiäsi havaintoja, oliko ne ollettuja tai jo tiedossa olevia?

Suurin osa vastaajista kokee löytäneensä energiatehokkuustoimenpiteitä, joista osa oli jo tiedossa olevia (kuva 11). Vastaajien perusteluja ovat:

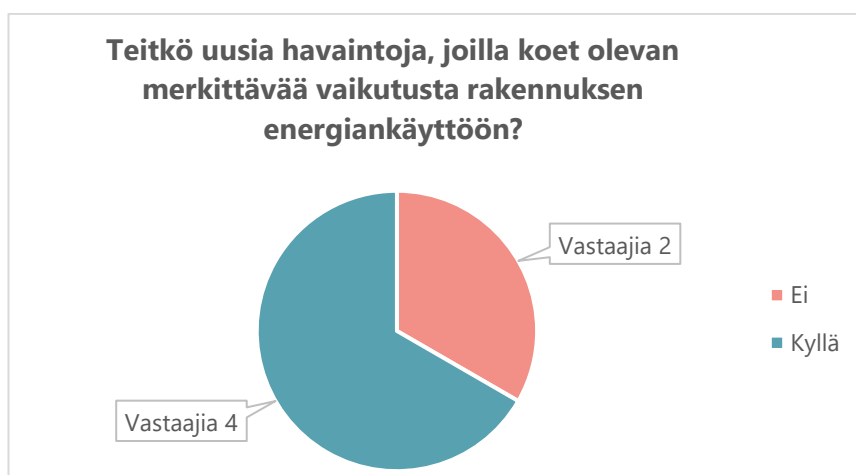
- Raportille pyrin nostamaan asioita, mitä en löytänyt muista raporteista.
- Havainnot olivat pääosin jo kiinteistöpäällikön ja kohteen kiinteistöhuollon tiedossa.
- Osa havainnoista olivat jo tiedossa olevia, mutta kohteilla tehtiin useita havaintoja myös ennalta arvaamattomista asioista.
- Lähtötiedoista kävi ilmi asioita, mitkä olivat tiedossa, mutta jäänyt hoitamatta kuntoon.



Kuva 11. Palautekyselyn tulokset tehdyistä havainnoista, jotka olivat oletettuja tai tiedossa olevia.

Haastattelukysymys 6. Teitkö uusia havaintoja, joilla koet olevan merkittävää vaikutusta rakennuksen energiankäyttöön?

Suurin osa vastaajista kokee tehneensä havaintoja, joilla voidaan parantaa merkittävästi rakennuksen energiankäyttöä (kuva 12). Kahdessa vastauksessa ilmenee, ettei heidän tekemillään havainnoilla ole suurta vaikutusta rakennuksen energiankäyttöön.



Kuva 12. Palautekyselyn tulokset tehdyistä havainnoista, jotka vastaaja kokee olleen merkityksellinen rakennuksen energiankäyttöön.

Haastattelukysymys 7. Millaisiin haasteisiin jouduit kohteella?

Vastaukset ovat:

- Ennakkoluuloihin koskien katsastuksen tarpeellisuutta.
- Huonot lähtötiedot, sekava dokumentointi kohteella.
- Kaikkialle ei päässyt, valokuvia ei saanut ottaa, jonka vuoksi raportti piti tuottaa muistin ja muistiinpanojen varassa.
- Kohdekierrokset sujuivat mutkattomasti. Turvaselvitysten osalta oli joitakin paikallisia näkemyseroja: kaikissa kohteissa ei riittänyt pelkkä Senaatin turvaselvitys, vaan käyttäjät vaativat omat turvaselvitykset.

Haastattelukysymys 8. Miten nämä haasteet voitaisiin ratkaista?

Vastaukset ovat:

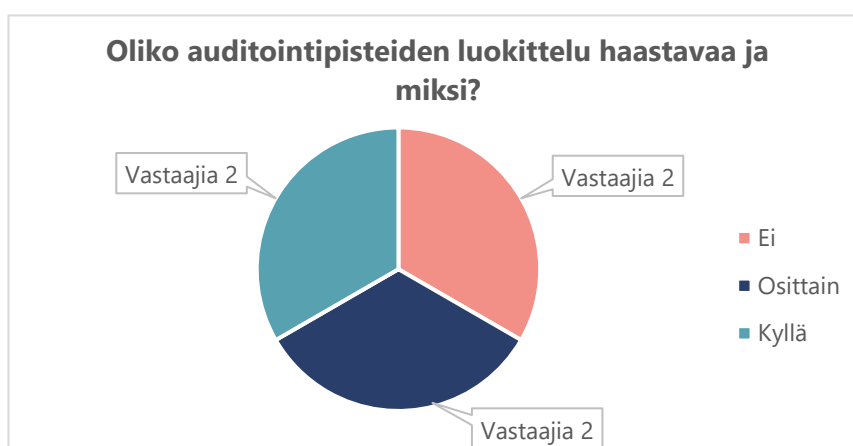
- Esittämällä esim. aiempia katsastustuloksia.
- Jos ajantasaiset suunnitelmat olisi saatavilla alussa tämä auttaisi, mutta niitä ei aina yksinkertaisesti ole saatavilla.
- Kohteessa saa ottaa valokuvia mm. automaatiosta.
- Kaikkien katsastettavien kohteiden osalta tulisi kartoittaa tilojen käyttäjien vaatimukset turvan osalta, ja selkeyttää turvaselvitysten haku-prosessi jo ennen aloituspalaveria.

Haastattelukysymys 9. Oliko auditointipisteiden luokittelu haastavaa ja miksi?

Vastaukset jakautuvat tasan kaikkiin vastausvaihtoehtoihin (kuva 13). Vastaukset ovat:

- Ei.
- Ohjeistus oli selkeä.

- Oli hieman, koska kiinteistöt eivät olleet nk. normaalia kiinteistömas-
saa. Kiinteistössä voi olla iso iv-konekanta, jolloin pitää tehdä arvioita
kokonaisuudessaan, vaikka esim. jossakin iv-koneessa olisi paran-
tamisen varaa.
- Luokittelu oli hyvä.
- Pääasiassa luokittelu oli selkeää. Muutamien pisteiden osalta tar-
kennukset voisivat olla tarpeen, eritelty alla.
- Ei ollut.



Kuva 13. Palautekyselyn tulokset auditointipisteiden arvioinnin haastavuudesta.

Haastattelukysymys 10. Mitä auditointipisteitä et voinut arvioida riittävän tarkasti?

Kahdessa vastauksessa ilmenee, ettei tällaisia auditointipisteitä ollut. Muita vastauksia ovat:

- Pohjakuormat, ominaiskulutukset.
- A03 Pohjakuormat: auditointipisteessä tulisi tarkentaa, että kyseessä on pelkkä sähköenergian pohjakuorma.
- C01 Käyttöveden lämmitysjärjestelmä: tämän pisteen voisi laajentaa koskemaan koko käyttövesijärjestelmää, jolloin tulisi tarkasteltua myös käyttöveden kulutusta ja verkoston painetasoa.
- Sähkötekniikan auditointi on lähtökohtaisesti hyvin suppea.

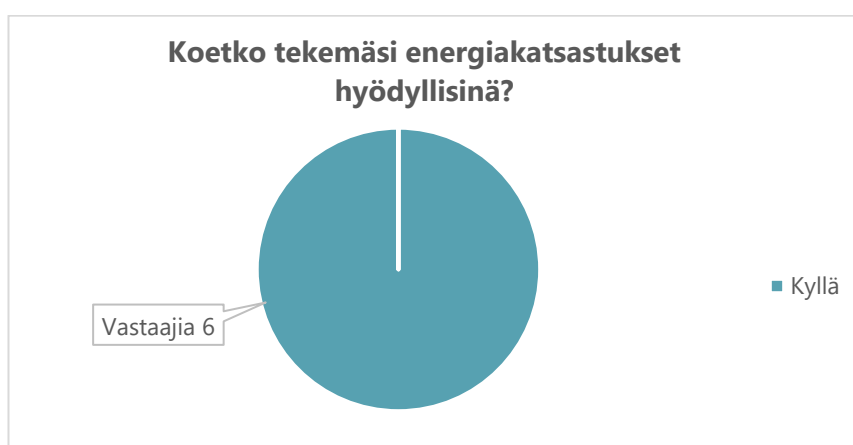
Haastattelukysymys 11. Millaisia energiakatsastuksen kehityskohteita tunnistat tekemäsi katsastusten perusteella?

Kaksi vastaajaa ei pysty esittämään energiakatsastuksille kehityskohteita. Muita vastauksia ovat:

- Katsastuksen tekeminen vaatii melko kokeneen tekijän.
- Luvan saaminen kesti kauan, ja oli varsin raskas prosessi. Lähtötietoihin perehtyminen on edellytys kohdekierrokselle.
- Esim. lämmitysjärjestelmä ja sen päätelaitteet: Nämä voisi auditointilomakkeessa yhdistää.
- Pilotti oli mielestäni onnistunut. Prosessin kehittäminen eritoten turvaselvitysten osalta on tarpeen, mutta muilta osin koin toimintamallin toimivaksi.

Haastattelukysymys 12. Koetko tekemäsi energiakatsastukset hyödyllisinä?

Kaikki vastaajat kokevat energiakatsastukset hyödyllisenä (kuva 14). Yhdessä vastauksessa tuodaan esille mahdollisuus käyttää energiakatsastusta PTS:n laatimistyökaluna, joka selkeyttää päätöksentekoprosessia tuoden investointiesityksille selkeät perusteet.



Kuva 14. Palautekyselyn tulokset energiakatsastusten hyödyllisyydestä.

Liite 6. Sähkön ominaiskulutukset palvelusektorilla (Ominaiskulutukset palvelusektorilla 2023)

Sähkö - ominaiskulutus (kWh/r-m3)

Tyyppi TK 1994	Kohteita, kpl	Tilavuus, 1000 r-m3	Min	5 %	10 %	Alakv	Mediaani	Yläkv	90 %	95 %	Max
⊕ 11 Myymälärakennukset	45	3148	5,6	9,7	12,3	19,2	33,3	91,7	173,3	185,7	264,1
⊕ 15 Toimistorakennukset	127	5795	0,1	8,7	10,0	13,3	20,4	23,9	56,3	91,6	653,3
⊕ 21 Terveystoimintarakennukset	36	1961	15,0	15,8	16,7	21,2	28,0	31,2	48,4	54,0	62,2
⊕ 22 Huoltolaitosrakennukset	23	355	16,1	18,9	19,1	20,9	26,7	31,1	42,8	74,9	86,9
⊕ 23 Muut sosiaalitoimen rakennukset	98	558	3,6	12,8	13,8	17,3	23,8	26,8	46,4	62,5	105,8
⊕ 32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	16	230	9,2	9,9	10,3	11,5	15,0	21,1	29,3	72,9	197,1
⊕ 33 Seura- ja kerhorakennukset yms.	13	82	3,7	4,6	5,3	6,6	10,5	12,5	28,4	45,8	69,6
⊕ 35 Urheilu- ja kuntoilurakennukset	15	506	2,5	4,6	6,0	7,5	11,6	12,5	18,8	19,5	19,7
⊕ 51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	201	5413	5,1	8,7	9,7	11,9	15,1	17,3	25,2	30,7	81,7
⊕ 52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	16	740	6,6	10,4	12,7	16,9	22,0	28,7	31,9	32,6	33,5
⊕ 63 Metalliteollisuuden rakennukset	13	3956	2,8	5,8	9,0	14,3	33,7	78,2	246,5	1 650,8	3 724,4
⊕ 64 Elintarviketeollisuuden rakennukset	22	5267	18,1	19,6	28,7	43,2	98,9	155,4	218,2	256,0	286,6
⊕ 65 Puuteollisuuden rakennukset	15	3200	7,3	24,5	40,4	75,7	152,7	229,3	447,8	497,2	588,8
⊕ 66 Lasi-, savi- ja kiviteollisuuden rakennukset	14	2022	33,2	46,1	53,6	81,1	135,6	96,2	193,3	260,8	360,3
⊕ 69 Muut teollisuuden tuotantorakennukset	44	5931	13,5	18,7	22,8	41,2	61,4	107,6	281,2	516,7	1 386,3
⊕ 72 Palo- ja pelastustoimen rakennukset	18	205	4,5	5,5	6,5	9,6	16,1	20,9	24,0	25,6	33,7

Liite 7. Katsastajan muistilista lämpöpumppuratkaisun valintaan

Lämpöpumppuratkaisun valinta

	Kyllä	Ei	Huomioitava
Voiko kiinteistöön sijoittaa näkyviä rakenteita?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ilma-vesilämpöpumpun lauhduttimien sijoittelu
Onko rakennuksen ympäristö ääniteknisesti kriittinen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ilma-vesilämpöpumpun lauhduttimien äänentuotto ympäristöön
Voiko tontille sijoittaa energiakaivoja?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maanalaiset rakenteet ja tekniikka, kaavan varaukset
Sijaitseeko tontti pohjavesialueella?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pohjavesialueelle vaikeaa saada porauslupaa
Saadaanko energiakaivoilla haluttu energian- ja tehonpeitto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lisäenergian hinta ja saatavuus
Voidanko kiinteistön sähköliittymää kasvattaa merkittävästi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maalämpöpumpun tehontarve pienempi mitoitus teholla kuin IVLP
Pyritäänkö lämpöpumppuratkaisulla myös jäähdyttämään?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kesäajan jäähdytyksellä ladataan energiakaivoja
Mahtuuko lämpöpumppujärjestelmä nykyiseen lämmönjakohuoneeseen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lisätilan tarve rakennuksen sisällä tai ulkopuolella
Saadaanko uudet laitteet haalattua lämmönjakohuoneeseen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tarvittaessa uudet haalausaukot
Rajoittaako rakennuksen muu LVI-tekniikka lämpöpumppujen käyttöä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verkostojen lämpötilat, erityisjärjestelmien tarpeet
Tavoitellaanko matalaa investointikustannusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Investointikustannus: IVLP<MLP (yleisesti)
Tavoitellaanko pienintä elinkaarikustannusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elinkaarikustannus: MLP<IVLP (yleisesti)