

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Energy Systems
Energiatekniikka

Petteri Nurmi

**ENERGIATEHOKKUUDEN HUOMIOON
OTTAMINEN SEKÄ KIINTEISTÖN
RAKENNUTTAMISPROSESSIN ERI
VAIHEISSA ETTÄ YLLÄPIDOSSA**

Työn tarkastajat: Apulaisprofessori, Tero Tynjälä
Tutkijaopettaja, Mika Luoranen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikka

Petteri Nurmi

Energiatehokkuuden huomioon ottaminen sekä kiinteistön rakennuttamisprosessin eri vaiheissa että ylläpidossa

Diplomityö 2021

Tarkastajat: Apulaisprofessori, Tero Tynjälä

Tutkijaopettaja, Mika Luoranen

Ohjaaja: DI, Timo Finnilä

101 sivua, 15 taulukkoa ja 47 kuvaa

Hakusanat:

Energiatehokkuus, rakennuttaminen, elinkaari, talotekniikka, kiinteistöt

Työn päätavoitteena oli tutkia energiatehokkuuden huomioonottamista erilaisten kiinteistöjen rakennuttamisprosessin eri vaiheissa kattaen vaiheet hankkeiden tarveselvityksestä vastaanottoon sekä näiden takuuajan sekä sitä seuraavien muutamien vuosien ajan rakennusten energiankulutusta ja rakennusten ylläpitoa ja käyttöä.

Tutkimuksessa käytettiin lähdekirjallisuutta, haastateltiin tilaajien edustajia, suunnittelijoita ja kiinteistöpäälliköitä sekä tutkittiin toteutuneiden kiinteistöjen energiateknisiä suunnitteluratkaisuja ja niiden toteutusta sekä käydään läpi kiinteistöjen valmistumisen jälkeisiä energiankulutustietoja sekä kokemuksia rakennusten energiateknisen ylläpidon ja käytön kannalta. Haastatteluissa selvitetään kunkin haastateltavan osalta kokemuksia, haasteita ja toivomuksia energiatehokkuuden parantamisen osalta.

Tutkimuksissa saatuja tuloksia voidaan käyttää apuvälineenä rakennuttamisen energiatehokkuuden optimointiin sekä niiden avulla voidaan tunnistaa uudisrakennushankkeen parhaat toteutustavat energia- ja kustannustehokkuuden sekä sisäilmaston laadun kannalta.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Petteri Nurmi

Taking energy efficiency into account both in the various stages of the property construction process and in maintenance

Master's Thesis 2021

Examiners: Associate Professor, Tero Tynjälä

Associate Professor, Mika Luoranen

Supervisor: M.Sc (Tech), Timo Finnilä

101 pages, 15 figures and 47 tables

Keywords:

Energy efficiency, construction management, life cycle, building service technology, HVAC, real estate

The main objective of the work was to study the consideration of energy efficiency in different stages of the construction process of different properties, covering the stages from project needs assessment to acceptance and their warranty period and the following few years energy consumption and maintenance and use of buildings.

The study used source literature, interviewed customer representatives, designers and property managers, and studied the energy engineering design solutions and their implementation, as well as post-completion energy consumption data and experiences in energy maintenance and use of buildings. The interviews identify experiences, challenges and wishes for improving energy efficiency for each interviewee.

The results obtained in the research can be used as a tool for optimizing the energy efficiency of construction and can be used to identify the best ways to implement a new construction project in terms of energy and cost efficiency and indoor climate quality.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	13
1.1	Tavoitteet ja rajaus	14
1.2	Työn rakenne	14
1.3	Tutkimusmetodologia	15
1.3.1	Tutkimuksen luotettavuus	16
2	KIINTEISTÖJEN ENERGIATEHOKKUUS	17
2.1	Lait ja asetukset	19
2.2	Energiankulutuksen laskenta	20
2.3	Sisäilmasto	26
2.3.1	Sisäilmastoluokitus	27
2.4	Ympäristöluokitukset	29
2.4.1	Breeam	30
2.4.2	Leed	30
2.4.3	RTS-ympäristöluokitus	31
2.4.4	Joutsenmerkki	32
2.4.5	Muut järjestelmät	32
2.5	Matalaenergiarakentaminen	33
2.5.1	Matalaenergiatalo	33
2.5.2	Passiivienergiatalo	34
2.5.3	Nollaenergiatalo ja plusenergiatalo	34
2.6	Kiinteistöjen elinkaari	35
2.7	Kestävä rakentaminen	38
3	HANKKEEN RAKENNUTTAMINEN JA JOHTAMINEN	40

3.1	Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen eri vaiheet.....	43
3.1.1	Tarveselvitys	43
3.1.2	Hankesuunnittelu	44
3.1.3	Suunnittelun valmistelu	45
3.1.4	Ehdotussuunnittelun ohjaus	46
3.1.5	Rakennuslupatehtävät	46
3.1.6	Toteutussuunnittelun ohjaus	46
3.1.7	Rakentamisen valmistelu	47
3.1.8	Toteutusvaihe eli rakentaminen	47
3.1.9	Käyttöönotto	47
3.1.10	Vastaanotto	48
3.1.11	Takuuaika.....	49
3.1.12	Takuuajan jälkeinen rakennuksen käyttö ja ylläpito.....	49
4	EMPIIRINEN TUTKIMUS.....	51
4.1	Haastattelut	51
4.1.1	Tilaaajat	52
4.1.2	Suunnittelijat.....	59
4.1.3	Kiinteistöpäälliköt.....	66
4.2	Yhteenvedo haastatteluista	73
4.3	TUTKITTAVAT KIINTEISTÖT	79
4.3.1	Asuinkerrostalot.....	80
4.3.2	Rivitalot	82
4.3.3	Kauppakeskukset	84
4.3.4	Toimistorakennukset.....	86
4.3.5	Palvelutalot	88
4.3.6	Asuinliiketalot.....	91
4.3.7	Terveydenhuoltorakennukset.....	93
4.4	Yhteenvedo kiinteistöjen kokonaiskulutuksista	95
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	97
6	YHTEENVETO.....	101
	LÄHTEET	103

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset ja alaindeksit

A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²
E	rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku, kWh _E /(m ² a)
$f_{kaukolämpö}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin
$f_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin
$f_{polttoaine, i}$	polttoaineen i energiamuodon kerroin
$f_{sähkö}$	sähkön energiamuodon kerroin
$Q_{kaukolämpö}$	kaukolämmön kulutus, kWh/a
$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
$Q_{polttoaine, i}$	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
$Q_{lämmitys, tilat}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{lämmitys, iv}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{lämmitys, lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
Rak_{ek}	rakennuksen energiankulutus, kWh/(m ² a)
W_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{jäähd, apu}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta otettu energia siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa, kWh/a
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a

Käytetyt lyhenteet

BRE Building Research Establishment

BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
EPBD	Euroopan unionin rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
IEA	Kansainvälinen energiajärjestö
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
PTS	Pitkän aikavälin suunnitelma
SRI	Smart Readiness Indicator
USGBC	U.S. Green Building Council

1 JOHDANTO

Kiinteistökannan rakentamisen ja ylläpidon tulevaisuuden suurimpia, ellei suurin haaste on energiatehokkuuden ja kokonaistaloudellisuuden parantaminen sekä terveellisten sisäilmasto-olosuhteiden turvaaminen. Rakennuksen kokonaistaloudellisuutta voidaan parantaa energiatehokkailla rakenne- ja taloteknisillä ratkaisuilla. Panostus energiatehokkuuteen mahdollistaa merkittäviä säästöjä rakennuksen käyttövaiheessa pienentyneen energiankulutuksen ansiosta. Toimivan matalaenergiarakennuksen hankinta edellyttää kuitenkin systemaattista lähestymistapaa hankintakäytäntöihin, suunnitteluun, toteutukseen ja käyttöön.

Uudisrakentamista ohjataan säädöksiin kohti nollaenergiatasoa, ja myös korjausrakentamiseen on nykyisin omat energiamääräykset. Valtaosa rakennetun ympäristön päästöistä syntyy kiinteistöjen käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Yksittäisten rakennusten lisäksi suuri merkitys on yhdyskuntarakenteella, liikenneratkaisuilla ja käytetyillä energiamuodoilla. Uudet rakennukset tulee suunnitella energiatehokkaiksi, kestäviksi ja vähän huoltoa tarvitseviksi. Euroopan unionin asettamat vaatimukset ja rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) asettavat kansalliset energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset sekä uudis- että korjausrakentamiselle. Energiamääräykset perustuvat rakennusten kokonaisenergiankulutukseen. Sitä laskettaessa otetaan huomioon lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, lämpimään käyttöveteen, valaistukseen ja eri laitteisiin käytettävä energia. (Rakennusteollisuus, 2019c.)

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää, mitä rakennuttamisprojektin eri osapuolet oikeasti ajattelevat energiatehokkuudesta ja ovatko kiinteistöt oikeasti energiatehokkaita. Vastaavia tutkimuksia, jotka yhdistäisivät nämä, ei ole ollut saatavilla, ainoastaan tutkimuksia, jotka keskittyvät pelkästään toiseen. Näistä esimerkkeinä mm. ”Differences in perception: How the experts look at energy efficiency (findings from a Finnish survey)”, Virkki-Hatakka et al. 2013.

1.1 Tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen päätavoitteena on saada vastaus, kuinka energiatehokkuus on otettu huomioon erilaisten rakennusprojektien rakennuttamisprosessin eri vaiheissa kattaen vaiheet hankkeiden tarveselvityksestä vastaanottoon sekä tutkitaan näiden takuuajan sekä sitä seuraavien muutamien vuosien ajan rakennusten energiankulutusta ja rakennusten ylläpitoa ja käyttöä.

Päätavoite on jaettu kahteen osakysymykseen:

- Miten hankkeen eri osapuolet kokevat energiatehokkuusasiat ja miten ne hankkeiden eri vaiheissa heidän mielestään toteutuvat?
- Miten toteutuneissa hankkeissa energiatehokkuus on toteutunut?

Tutkimuksissa saatujen tuloksien avulla voidaan tunnistaa uudisrakennushankkeen parhaat toteutustavat energia- ja kustannustehokkuuden kannalta.

Tutkimuksen tuloksia ja havaintoja käytetään myös Vahanen Rakennuttaminen Oy:n sisäisen ja ulkoisen koulutus- ja mainosmateriaalin lähteinä.

Tutkimus rajataan uudisrakentamiseen, mutta tuloksia voidaan käyttää soveltuvin osin korjausrakentamiseen.

Tässä tutkimuksessa ei tutkita energiatehokkuuteen liittyvien kustannuksien tai investointien suhdetta energiatehokkuuteen.

1.2 Työn rakenne

Tämä tutkimus on jaettu kuuteen päälukuun. Ensimmäisessä johdantoluvussa kerrotaan

työn taustoista, tavoitteista ja rajauksista. Luvussa selvitetään myös tutkimusstrategian ja tutkimusmetodologian valinnat sekä kuvataan työn rakenne. Toisessa luvussa käsitellään kiinteistöjen energiatehokkuutta, sekä siihen liittyviä eri seikkoja mm. nollaenergiarakentamista ja ympäristöluokituksia. Kolmannessa luvussa käsitellään kiinteistöjen rakennuttamista, sen eri pääkohtia. Neljännessä luvussa siirrytään tutkimuksen empiiriseen osuuteen, jossa käydään läpi kyselyhaastattelut ja niiden tulokset sekä tutkittavien kiinteistöjen energiakulutukset. Viidennessä luvussa esitellään tutkimuksen keskeiset tulokset ja johtopäätökset. Kuudennessa luvussa tehdään yhteenveto tutkimuksesta.

1.3 Tutkimusmetodologia

Tutkimusprosessi koostuu kolmesta osasta:

1. Lähdemateriaalikatsauksesta
2. Empiirisestä tutkimusosasta
3. Johtopäätöksistä.

Tutkimuksessa käytetään lähdekirjallisuutta, haastatellaan rakennuttajien edustajia, suunnittelijoita, käyttäjiä ja muita alan asiantuntijoita ja tutkitaan toteutuneiden kiinteistöjen energiateknisiä suunnitteluratkaisuja ja niiden toteutusta sekä käydään läpi rakennusten valmistamisen jälkeisiä energiankulutustietoja sekä kokemuksia rakennusten energiateknisen ylläpidon ja käytön kannalta. Haastatteluissa selvitetään kunkin haastateltavan osalta kokemuksia, haasteita ja toivomuksia energiatehokkuuden parantamisen osalta. Tarkasteltavia kiinteistötyyppejä ovat asuinkerrostalot, rivitalot, kauppakeskukset, toimistorakennukset, palvelutalot, asuinliiketalot ja terveydenhuoltorakennukset.

Lähdemateriaaliosiossa tarkastellaan muun muassa alan kirjallisuuden, tiedartikkelien ja muiden julkaisujen avulla, mitä energiatehokkuus kiinteistöjen rakentamisessa pitää sisällään, ja luodaan pohjaa empiirisen osan kyselytutkimusta varten. Empiirinen tutkimus toteutetaan kvalitatiivisena puolistrukturoituna teemahaastattelukyselytutkimuksena hankkeiden

eri osapuolille. Osapuolina olivat suuret kiinteistörakennuttajat, LVI-suunnittelutoimistot ja kiinteistöjen ylläpidosta vastaavat yritykset.

Puolistrukturoidussa haastattelussa suuri osa kysymyksistä on strukturoituja, eli ennalta jäsenneiltyjä ja rakennettuja. Kysymykset ja vastausvaihtoehdot ovat tällöin valmiiksi annettuja. Kuitenkin siinä on myös kokonaan avoimia kysymyksiä, joihin vastaajalla on täysi vapaus valita oma vastauksensa (DiCicco-Bloom et al. 2006).

Haastattelututkimukseen luodaan relevantit ja tarkat kysymykset kirjallisuusosiota ja sen antamaa informaatiota apuna käyttäen, joiden avulla selvitetään rakennushankkeen eri osapuolten kokemuksia rakennuttamiseen liittyvästä energiatehokkuudesta. Tämän jälkeen kahden osan perusteella jäsennellään ja muodostetaan johtopäätökset ja pohdinta, sekä esitetään mahdolliset jatkotutkimusmahdollisuudet.

Empiirisen osuuden tarkempi toteuttaminen ja rakenne esitellään neljännessä luvussa.

1.3.1 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus muodostuu sen reliabiliteetin ja validiteetin kautta. Reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta ja kykyä antaa tietoa, joka ei ole sattumanvaraista. Validiteetti taas kuvastaa tutkimuksen pätevyyttä eli mittaako tutkimusmenetelmä juuri sitä, mitä on tarkoitus tutkia (Johnson 1997, Hirsjärvi et al. 1997, Morse et al. 2002).

Tutkimuksen reabiliteettia ja validiteettia tarkastellaan yllä olevan informaation valossa tutkimuksen lopuksi luvussa 6.

2 KIINTEISTÖJEN ENERGIA TEHOKKUUS

Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, sähköenergian tarpeesta sekä jäähdytystarpeesta. Energiantarve katetaan tuomalla rakennukseen lämpöenergiaa, sähköenergiaa ja jäähdytysenergiaa. Lisäksi esiintyy myös muita lämpökuormia, kuten ihmisten luovuttama lämpö, auringon säteilyenergia sekä muita lämmönlähteitä, kuten esimerkiksi sähkölaitteet.

Rakennuksen energiantarpeeseen vaikuttavat myös erilaiset lämpöhäviöt, näitä ovat ulkovaipan läpi tapahtuvat johtumishäviöt, ilmanvaihdon lämpöhäviöt sekä jäteveden mukana tapahtuvat lämpöhäviöt (Rakennusinsinöörin liitto, 2012).

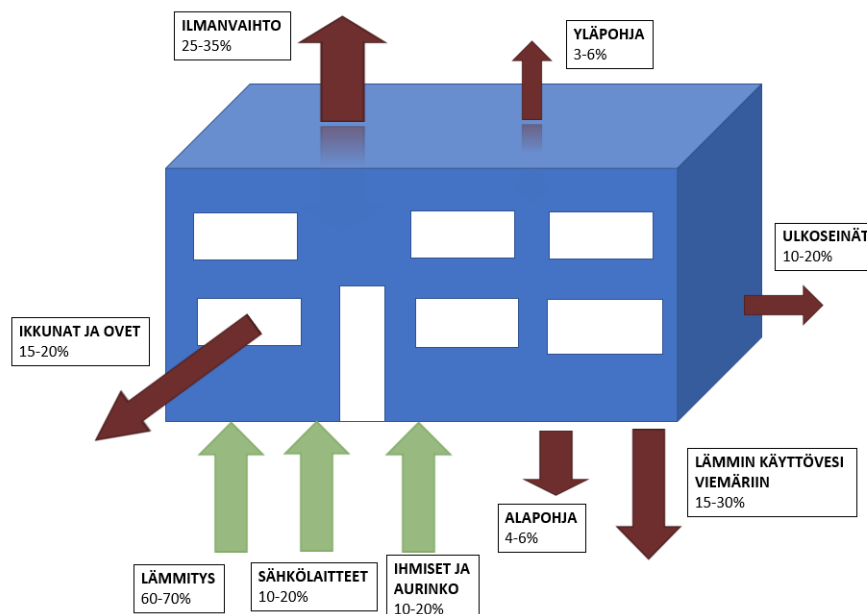
Merkittävin lämpöhäviöiden aiheuttaja on ilmanvaihto, sillä poistoilman mukana poistuu jopa noin 35 % rakennuksen lämpöhäviöistä. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmästä aiheutuu myös sähkönkulutusta johtuen sen sähköllä toimivien komponenttien, kuten puhaltimien toiminnasta. Arvioiden mukaan ilmanvaihtokoneisto kuluttaa keskimäärin 25 % sähkönkulutuksesta tavanomaisessa suomalaisessa koulurakennuksessa. Ilmanvaihdon sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa mm. laitteistojen ja kanaviston mitoituksella. Suurempi kanavakoko vaatii puhaltimelta vähemmän energiaa. Myös järjestelmän tarpeenmukaisella toiminnalla on vaikutusta sähköenergian kulutukseen ja lämpöhäviöihin (Rakennusinsinöörin liitto, 2012).

Tarpeenmukaisuuteen kannattaa myös pyrkiä sähkönkäytön osalta. Etenkin valaistuksen energiankulutusta voidaan pienentää käyttäen taloautomaatiota, mikä säättää valaistusta todellisen valaistustarpeen mukaan. Tilan valaistustarve määräytyy mm. tilan käyttötarpeen, käyttöasteen ja luonnonvalon saatavuuden mukaan. Sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa myös käytettävien sähkölaitteiden energiatehokkuudella. Sähkölaitteisiin kuuluvat sekä talotekniset järjestelmät, että erilaiset kodinkoneet ja it-laitteet (Säteri, 2014).

Jäteveden lämpöhäviöitä voidaan pienentää mm. vettä säästävillä toimenpiteillä, putkistojen lämpöhäviöiden pienentämisellä ja erilaisilla lämmöntalteenottoratkaisuilla. Aurinkoenergian käytöllä voidaan korvata merkittävä osuus ostoenergiasta. Aurinkoenergiaa on mahdollista käyttää sekä veden lämmitykseen, että sähkötuotantoon. Aurinkoenergian

hyödyntämistä voidaan tukea suunnitteluvaiheessa erilaisilla rakenneteknisillä ratkaisuilla ja rakennuksen sijainnin valinnalla. On syytä huomioida, että useat eri rakenne- ja talotekniset tekijät muodostavat voimakkaan yhteisvaikutuksen tulevan rakennuksen energiatehokkuuteen, rakennuskustannuksiin sekä elinkaarikustannuksiin. Matalaenergiarakennus koostuu suuresta määrästä erilaisia rakenne ja taloteknisiä ratkaisuja, jotka kaikki toimivat yhtenä kokonaisuutena keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Jokaisen rakenteen, tai laitteen suunnittelussa on siis otettava huomioon, miten kyseinen komponentti tulee toimimaan osana suurempaa kokonaisuutta ja miten komponentin suunnittelussa voitaisiin edistää asetettuja energiatehokkuustavoitteita. On tärkeää aloittaa rakennuksen eri komponenttien optimointi toimivaksi energiatehokkaaksi kokonaisuudeksi riittävän aikaisin suunnitteluvaiheessa. Optimointi onnistuu parhaiten, kun kaikki hankkeeseen osallistuvat suunnittelijat, mukaan lukien arkkitehti, LVIS-, RAK-, ym. suunnittelijat toimivat tehokkaassa yhteistyössä heti luonnos-suunnittelusta lähtien (rakennusinsinöörien liitto, 2012).

Kuvassa 1 on esitetty esimerkki kerrostalorakennuksen lämpötaseesta.



Kuva 1. Esimerkki kerrostalon lämpötaseesta. (Rakennustieto Oy, 2012, mukailten)

2.1 Lait ja asetukset

Uudisrakennusten energiatehokkuutta ohjaavat:

- Maankäyttö- ja rakennuslaki (117 §)
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017
- Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 788/2017.

Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä sen perusteella annetut asetukset uudistettiin kokonaisuudessaan vuosina 2017–18. Uudistuksessa rakentamismääräyskokoelman osa D3 korvattiin asetuksilla ja osa D5 poistettiin. Uudet säädökset eivät sisällä ohjeita. (Rakennustieto Oy, 2018.)

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.10.2020 asetuksen 718/2020 (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista), jonka vaatimukset tulevat sovellettaviksi 1.1.2021 alkaen uudisrakennuksissa, korjaus- ja muutostöissä sekä rakennuksen käyttötarkoitusta muutettaessa. Asetuksella säädetään energiatehokkuuden vaatimukset rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmille, paikallisille sähköntuotantojärjestelmille sekä itsesäätyville laitteille.

Asetuksella luodaan perusta sille, että rakennuksiin asennettavat tekniset järjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan energiatehokkaiksi, ja että ne myös toimivat suunnitelmien mukaisesti. Siinä ei anneta yksityiskohtaisia vaatimuksia järjestelmien teknisille ominaisuuksille tai säädetä energiatehokkuuteen liittyviä raja-arvoja. Asetus ei rajoita uusien teknologiainnovaatioiden käyttöönottoa rakennuksissa tai aiheuta uusia lupamenettelyjä.

Asetuksen mukaan rakennuksiin on asennettava sisälämpötilaa säätelevät laitteet, joiden tulee olla itsesäätyviä sekä toimia huonekohtaisesti tai määrätyllä alueella. Itsesäätyviä laitteita ovat esimerkiksi termostaattiset patteriventtiilit. Vaatimuksia sovelletaan uudisrakennuksiin sekä lämmönkehittimen tai lämmönjakokeskuksen vaihdon tai lisäämisen yhteydessä silloin, kun itsesäätyvien venttiilien asentaminen on teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa.

Jos rakennukseen asennetaan automaatio- ja ohjausjärjestelmä tai paikallinen sähköntuotantojärjestelmä, tulee niiden täyttää asetuksen mukaiset kokonaisenergiatehokkuutta, mitoittamista, asentamista, käyttöönottoa sekä ohjaamista koskevat vaatimukset. Paikallisia sähköntuotantojärjestelmiä ovat esimerkiksi rakennuksen katolla tai sen tontilla toimivat aurinkopaneelit. Vaatimuksia sovelletaan uudisrakennuksiin sekä järjestelmien asentamiseen, korvaamiseen tai parantamiseen silloin kun vaatimukset ovat teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien sekä paikallisten sähköntuotantojärjestelmien käyttö rakennuksissa kasvaa. Asetus on päänavaus järjestelmien energiatehokkuudesta säätämiseksi, sillä vaatimuksia annetaan nyt ensimmäistä kertaa. Tavoitteena on varmistaa, että rakennusten tekniset järjestelmät toimivat energiatehokkaasti ja että sisäilmaston laatu hyvä.

Asetus on osa EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) muutoksen toimeenpanoa Suomessa. Direktiivimuutoksen tarkoituksena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja siten hillitä ilmastonmuutosta. (Ympäristöministeriö, 2020.)

2.2 Energiankulutuksen laskenta

Seuraavassa luvussa on käyty läpi rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaa Ympäristöministeriön, Energiatehokkuus, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitys-tehontarpeen laskenta, 2018 mukaisesti.

Rakennusten energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetussa ympäristöministeriön asetuksessa annettuja lähtöarvoja, laskentasääntöjä ja esitettyjä säätietoja sekä kohteen suunnitteluarvoja.

Menetelmä, jota laskennassa käytetään, on nimeltään energiatasemenetelmä, jossa energian nettotarve lasketaan kuukausittain. Energiatasemenetelmässä saman kuukauden aikana

rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa.

Laskennassa käytettäviä lähtötietoja ovat:

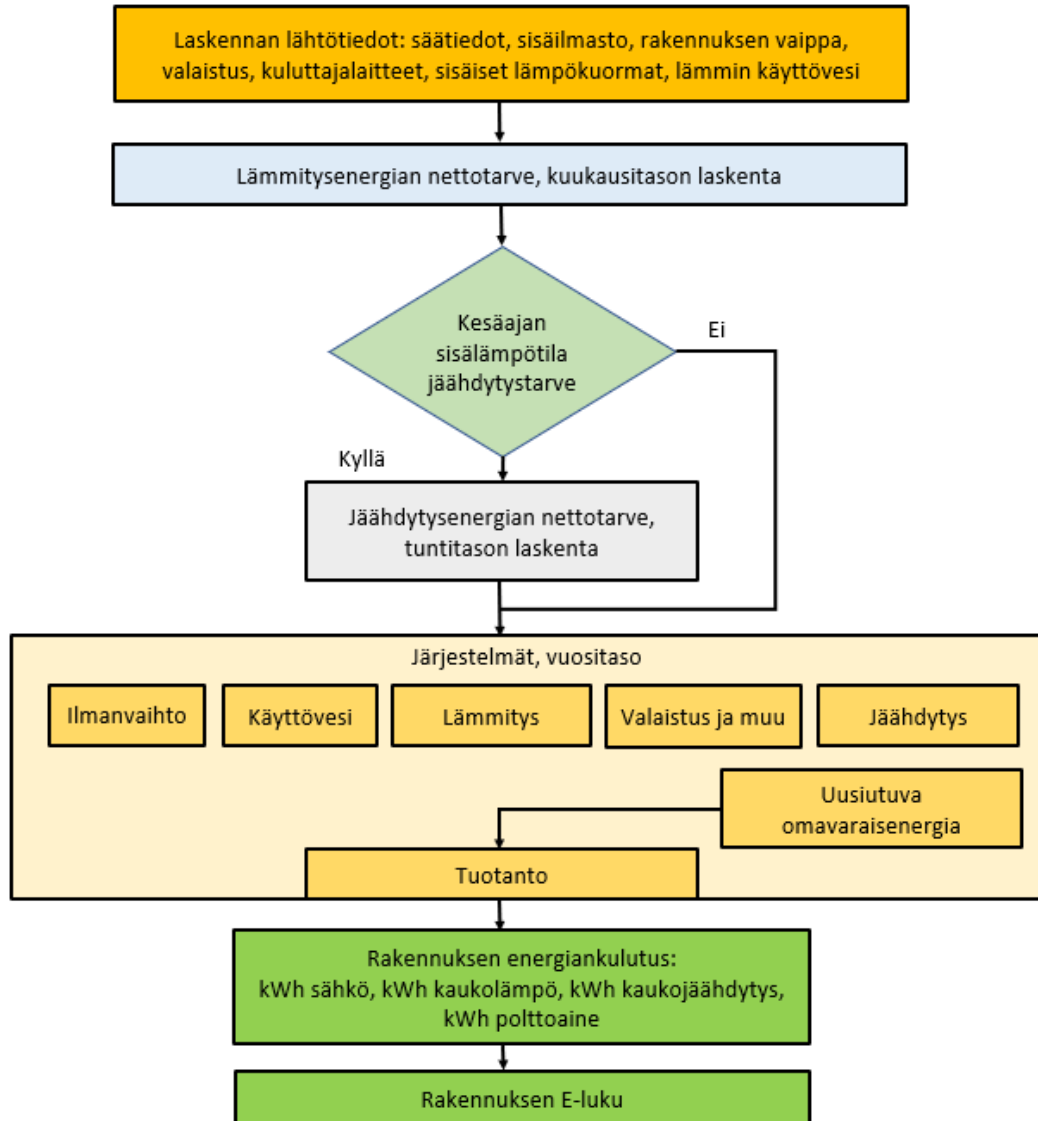
- rakennuskohtaiset lähtötiedot, jotka saadaan yleensä rakennuksen suunnitelmista
- rakennuksen käyttötiedot

Vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää määräyksissä annettuja lähtöarvoja ja laskentasääntöjä sekä suunnitteluarvoja.

Laskennassa otetaan huomioon lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen lämpöhäviöt, joita ovat esimerkiksi lämmitysputkiston ja pattereiden häviöt sekä kattilan hyötysuhde. Näissä ohjeissa esitetyt järjestelmähäviöt, lukuun ottamatta lämpimän käyttöveden kiertoa ja varastointia, on määritelty todellisina häviöinä ilman hyödynnettävää osuutta. Osa lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä määritellään tilaan tuleviksi lämpökuormiksi. Muut laskennassa esitetyt järjestelmähäviöt menevät hukkaan, eikä näistä tule lämpökuormia tai lämpösaantoa rakennukseen. Kuvassa 2 esitetään laskennan vaiheet.

Tässä laskentamenetelmässä rakennus käsitellään yleensä yhtenä laskentavyöhykkeenä. Tarvittaessa rakennus voidaan jakaa käyttötarkoitusta ja käyttöaikoja vastaaviin laskentavyöhykkeisiin. (Ympäristöministeriö, 2018.)

Kuvassa 2 on esitetty energiankulutuksen laskennan eri vaiheet.



Kuva 2. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet. (Ympäristöministeriö, 2018, mukailten)

Rakennuksen energiantarve koostuu tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarpeesta, käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeesta sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergiantarpeesta. Lämmitysenergian nettotarve saadaan lämmitysenergian tarpeen sekä rakennukseen tulevan auringon säteilyn, poistoilmasta talteen otetun energian ja sisäisten lämpökuormien erotuksena. Lämmitysenergian nettotarvetta vastaava

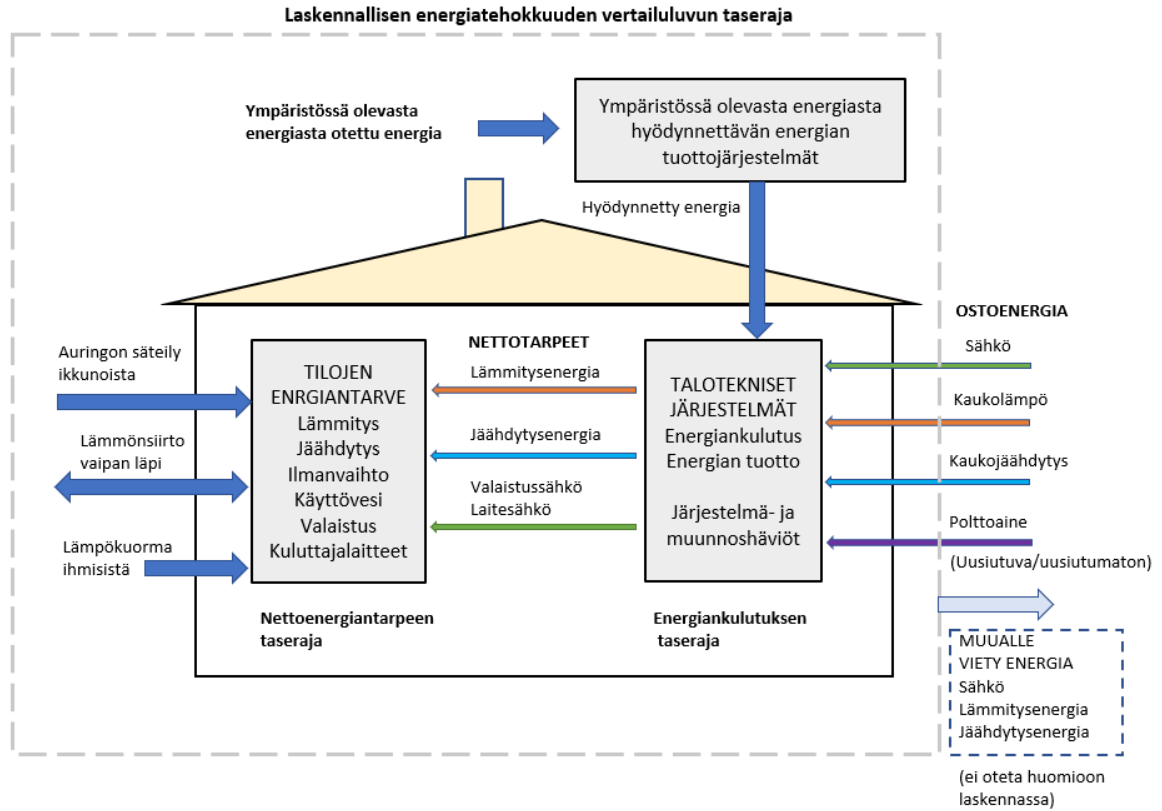
energia tuodaan lämmitysjärjestelmällä tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen. Jäähdytysenergian nettotarvetta vastaava energia tuodaan jäähdytysjärjestelmällä tiloihin ja tuloilmaan.

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat lämmitysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon hyötysuhteet ja ympäristössä olevasta energiasta lämmitysjärjestelmään tuotettu energia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta.

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus lasketaan jäähdytyksen nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat jäähdytysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä ottamalla huomioon jäähdytyksen tuoton häviöt ja muunnokset, samoin kuin jäähdytysjärjestelmään ympäristössä olevasta energiasta tuotettu energia. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus eritellään eri energiamuotojen osalta.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus koostuu puhallinsähköstä ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutuksesta (pumput, taajuusmuuttajat, säätölaitteet). Tuloilman lämmitys lasketaan lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen osana. (Ympäristöministeriö, 2018.)

Laskentamenetelmässä käytettävät energiankulutuksen taserajat esitetään kuvassa 3.



Kuva 3. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun taseraja. (Ympäristöministeriö, 2018)

Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailulukku (E-luku) lasketaan rakennuksen ostoenergiankulutuksesta energiamuotojen kertoimia käyttäen kaavalla (1)

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum f_{\text{polttoaine},i} Q_{\text{polttoaine},i} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (1)$$

jossa

E rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailulukku, kWh_E/ (m² a)

$Q_{\text{kaukolämpö}}$ kaukolämmön kulutus, kWh/a

$Q_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
$Q_{polttoaine, i}$	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
$W_{sähkö}$	sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta otettu energia siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa, kWh/a
$f_{kaukolämpö}$	kaukolämmön energiamuodon kerroin
$f_{kaukojäähdytys}$	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin
$f_{polttoaine, i}$	polttoaineen i energiamuodon kerroin
$f_{sähkö}$	sähkön energiamuodon kerroin
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

Energiamuotojen kertoimista säädetään valtioneuvoston maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista (Ympäristöministeriö, 2017).

Rakennuksen energiankulutuksella (kWh/ (m² a)), jota käytetään ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, tarkoitetaan rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä.

Rakennuksen energiakulutus lasketaan kaavalla (2)

$$RAK_{ek} = \frac{Q_{lämmitys,tilat} + Q_{lämmitys,iv} + Q_{lämmitys,lkv} + Q_{jk} + W_{tilat} + W_{ilmanvaihto} + W_{lkv,pumppu} + W_{jäähd,apu} + W_{kulutta,jalalaitteet} + W_{valaistus}}{A_{netto}} \quad (2)$$

jossa

Rak_{ek}	rakennuksen energiankulutus, kWh/ (m ² a)
$Q_{lämmitys, tilat}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{lämmitys, iv}$	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{lämmitys, lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q_{jk}	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a

W_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{jäähd, apu}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkökulutus, kWh/a
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

(Ympäristöministeriö, 2018).

2.3 Sisäilmasto

Hyvän sisäilmaston luominen alkaa rakennushankkeelle asetettujen tavoitteiden määrittelystä. Hyvin laaditut suunnitelmat, harkitut materiaalivalinnat sekä huolellinen rakentaminen ovat oleellisia tekijöitä hyvän sisäilmaston kannalta.

Rakennusten ja laitteistojen huolto ja kunnossapito sekä oikea käyttö varmistavat terveellisen sisäilmaston. Samalla ennalta ehkäistään mahdollisten kosteusvaurioiden syntymistä. Energiansäästön ja hyvän sisäilmaston on kuljettava käsi kädessä. Rakennuksen energiatehokkuuden parantamista ei voida toteuttaa korjausrakentamisessa, kuten ei myöskään uudisrakentamisessa, sisäilmaston terveellisyyden kustannuksella esimerkiksi huonontamalla ilmanvaihtoa. Energiatehokkuuden parantamisen ratkaisut uudis- ja korjausrakentamisen yhteydessä on suunniteltava ja toteutettava niin, että niistä ei aiheudu esimerkiksi sisäilmastoa huonontavia kosteus- ja homevaurioita. (ympäristöministeriö, 2019).

Rakennuksen energiankulutus on riippuvainen sisäilmaston olosuhteista. Tämän vuoksi sisäilmaston olosuhteille asetettavat tavoitteet ja niiden toteutumisen seuranta ovat tärkeitä myös rakennuksen kuluttaman energian kannalta. Energiankulutukselle voidaan myös asettaa tavoitteita. Tällöin voidaan seurata ja kiinnittää huomiota tuotetaanko rakennuksen sisäilmaston olosuhteet riittävän hyvällä hyötysuhteella ja miettiä mahdollisuuksia parantaa hyötysuhdetta. Sisäilman lämpötila verrattuna ulkoilman lämpötilaan ja ilmanvaihdon määrä vaikuttavat huomattavasti rakennuksen kuluttaman lämpöenergian määrään. Valaistuksen

määrällä taas vaikuttaa huomattavasti sähköenergian kulutukseen. Myös lämpötila vaikuttaa sähköenergian kulutukseen varsinkin kesäaikaan, mikäli käytetään jäähdytystä tuottamaan tarpeenmukaiset sisäilmasto-olosuhteet. Voidaankin todeta, että mitä lämpimämmät olosuhteet talvella halutaan, sitä enemmän tarvitaan lämmitysenergiaa niiden tuottamiseksi ja mitä viileämmät olosuhteet halutaan kesällä, sitä enemmän tarvitaan sähköenergiaa niiden tuottamiseksi.

2.3.1 Sisäilmastoluokitus

Rakennuttaja valitsee sisäilmaston tavoitearvot yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa. Tavoitearvot valitaan luvussa Sisäilmaston tavoitearvot mainittuja arvoja hankekohtaisesti soveltaen joko valitsemalla kaikki valitun luokan mukaiset arvot, valitsemalla eri luokista tarpeen mukaiset arvot tai asettamalla halutuille ominaisuuksille erikseen harkitut arvot. Tavoitellun lopputuloksen saavuttamiseksi tulee rakennuttajan ohjata suunnittelua kirjaamalla sisäilmastotavoitteet selkeästi, esim. sisäilmastoluokituksen avulla, kaikkien suunnittelijoiden tiedoksi. Kunkin suunnittelijan tulee osaltaan huolehtia siitä, että valitut sisäilmastotavoitteet ja niiden perusteella tehdyt suunnitteluratkaisut esitetään asiakirjoissa: piirustuksissa, työselostuksissa, urakkarajaliitteessä ja työmaan laatusuunnitelmassa. Pääsuunnittelijan tulee huolehtia, että asiakirjojen ristiriidattomuus varmistetaan myös valittujen sisäilmaston suunnitteluratkaisujen osalta. (Sisäilmayhdistys ry, 2019.)

Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamiseen, mutta se soveltuu myös osittain korjausrakentamiseen.

Sisäilmastoluokitus sisältää kolme eri luokkaa: laatuluokat S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokka S1 on näistä paras, ja siinä päästään todennäköisimmin käyttäjätyytyväisyydeltään suurempaan tasoon kuin muissa luokissa.

- S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä.

Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset, erittäin hyvät ääniolosuhteet, ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

- S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä.

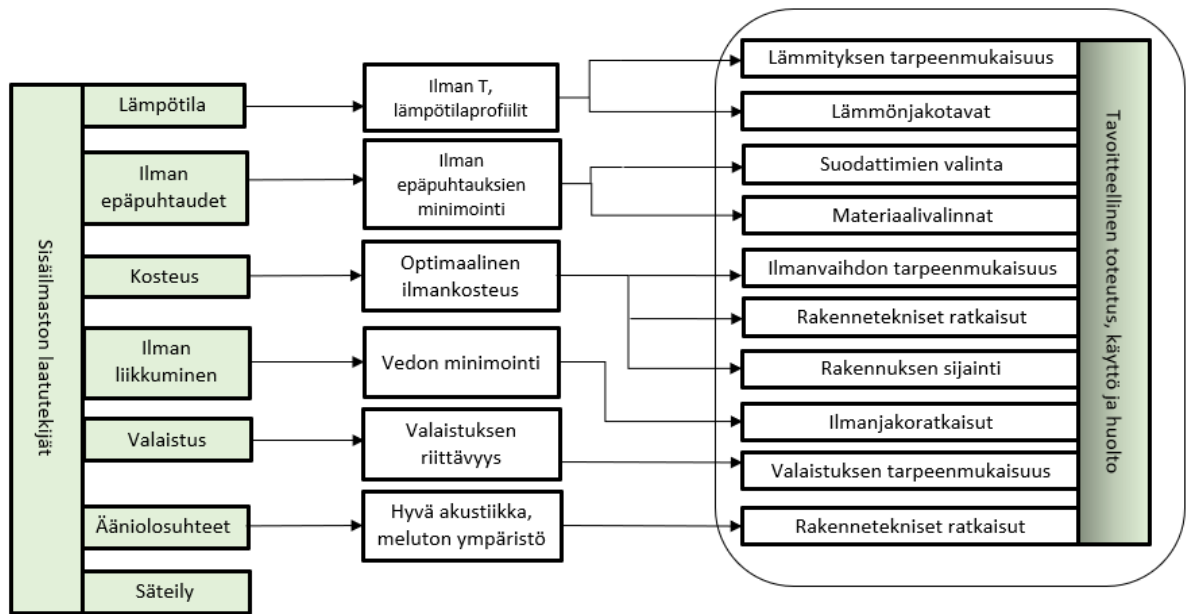
Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

- S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveysuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. Asetusten vaatimusten täytyminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. S3-luokan arvot esitetään tässä ensisijaisesti vertailun tueksi.

Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista. Tarvittaessa jonkin suureen arvo voidaan määritellä tapauskohtaisesti. (Rakennustieto Oy, 2017b.)

Kuvassa 4 on esitetty ilman laadun ominaisuuksia ja niihin liittyviä ratkaisuja.



Kuva 4. sisäilmaston laadun ominaisuuksia ja niihin liittyviä ominaisuuksia. (Sisäilmayhdistys, 2019, mukailen)

2.4 Ympäristöluokitukset

Ympäristösertifiointijärjestelmät perustettiin työkaluiksi kiinteistöjen ympäristötehokkuuden mittaamiseen, todentamiseen ja vertailtavuuden mahdollistamiseen. Paitsi todennetusti ympäristöystävällisten rakennusten tunnistamisen, sertifiointit mahdollistavat myös kiinteistöjen vertailun keskenään. Kiinteistöjen sertifiointiprosessi varmistaa hankkeeseen kestävän kehityksen mukaisen ajattelun läpi projektin. Sertifiointiin oleellisena osana kuuluva ulkopuolinen arviointi varmistaa, että rakennus suunnitellaan, rakennetaan ja toimii tarkoituksenmukaisesti.

Saavutettu ympäristösertifikaatti viestii aina vahvasti rakennuksen omistajan ympäristömyönteisyydestä. Yritykset ja organisaatiot ympäri maailman käyttävätkin sertifiointeja parantamaan rakennustensa tehokkuutta, säästämään kustannuksia ja maapallon rajallisia resursseja. Ympäristösertifiointi on myös luotettu tapa todentaa myytävän kohteen vastuullisuutta ja hallita riskejä kiinteistökaupan yhteydessä. (Green Building Council, 2018.)

2.4.1 Breeam

Breeam (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) -luokitus pohjautuu yhteiseen eurooppalaiseen normistoon, BREEAM-luokituksen mittareita voidaan kansallisesti soveltaa huomioimaan myös suomalaiset parhaat käytännöt, mikä helpottaa vaatimusten soveltamista hankkeessa.

Breeam-järjestelmässä paikallinen arvioitsija (breeam Assessor) tarkistaa vaatimusten täyttymisen hankkeessa. BRE (Building Research Establishment) myöntää sertifiointin Assessorin raportin perustella laatuauditoinnin jälkeen. Sertifioitavat rakennukset luokitellaan täytettyjen kriteerien perusteella viiteen eri luokkaan: Pass, Good, Very Good, Excellent ja Outstanding.

Uudis- ja korjausrakennuksille on breeamissa omat järjestelmänsä, joista on käytössä tällä hetkellä seuraavat versiot:

- BREEAM International New Construction 2016 (NC)
- BREEAM International Non-Domestic Refurbishment 2015 (RFO). (Green Building Council, 2018.)

2.4.2 Leed

Leed (Leadership in Energy and Environmental Design) -luokitus on maailman käytetyin globaali rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä, jonka vahvuutena on yhtenäinen kriteeristö ja vertailtavuus koko maailmassa. Monien vaatimusten takana on amerikkalaisia käytäntöjä, joista osaan on kuitenkin mahdollista soveltaa myös eurooppalaisia ja suomalaisia käytäntöjä. Luokitusjärjestelmää käytetään yli 130 maassa.

Leed-järjestelmässä sertifiointihakemuksen tarkastaa ja myöntää USGBC:n (U.S. Green Building Council) alainen GBCI (Green Building Certification Inc.). Sertifioitavat rakennukset luokitellaan täytettyjen kriteerien perusteella neljään eri luokkaan: Certified, Silver, Gold ja Platinum.

Tälle hetkellä käytössä olevassa LEED v4 for Building Design and Construction (LEED BD+C) -järjestelmässä on omat alajärjestelmänsä seuraaville rakennustyypeille:

- New Construction and Major renovation – Uusille ja peruskorjattaville rakennuksille, joissa yksi käyttäjä
- Core and Shell – Monen käyttäjän rakennuksille, kuten toimistoille ja kauppakeskuksille
- LEED Homes – Asuinrakennuksille. (Green Building Council, 2018).

2.4.3 RTS-ympäristöluokitus

RTS-ympäristöluokitus pohjautuu eurooppalaisiin standardeihin (CEN TC 350 standardit) ja perustuu pääosin alan yhteisiin kansallisiin käytäntöihin, kuten Sisäilmastoluokitus, M1-emissioluokitus, rakennusten elinkaarimittarit, Kuivaketju10-malli ja Viherkerroin-menetelmä.

RTS Ympäristöluokituksen ylläpidosta ja hankkeiden auditoinnista vastaa Rakennustieto Oy. Hankkeen saama luokitustaso määritetään viisiportaisella asteikolla 1-5 tähteä.

Kriteeristöllä ja sen todistusaineistojen avulla voidaan ohjata kokoluokaltaan ja hanketyypiltään erilaisia hankkeita, joissa sisäilman laadulla on merkitystä. RTS-ympäristöluokituksen kriteeristö soveltuu uudisrakennus- ja peruskorjaushankkeisiin sekä tilakorjauksiin ja muutoksiin. (Green Building Council, 2018.)

2.4.4 Joutsenmerkki

Joutsenmerkin kriteerit ovat yhteneväiset kaikissa pohjoismaissa, joten joutsenmerkki soveltuukin erityisen hyvin pohjoismaisiin olosuhteisiin. Kiinnostus joutsenmerkittyyn rakentamiseen on voimakkaassa kasvussa.

Kriteerien painopisteet ovat energiatehokkuus, materiaalivalinnat, kemikaalit, kierrätys ja kierrätettävyys. Kriteereissä on pakollisia vaatimuksia esimerkiksi energiankulutukselle ja materiaaleille. Joutsenmerkittyjen tuotteiden (esim. maalit, rakennuslevyt, lattiat, ikkunat) käytöstä saa lisäpisteitä. Joutsenmerkintä ylläpitää yhteispohjoismainen hyväksytyjen materiaalien tietokantaa, jonka käyttö on hakijoille ja materiaalitoimittajille maksutonta.

Joutsenmerkin hakuprosessi on käynnistettävä jo suunnitteluvaiheessa. Joutsenmerkki voidaan kuitenkin myöntää vasta rakennuksen valmistuttua ja kun sertifiointielin Ympäristömerkintä Suomi Oy on todennut rakennuksen täyttävän merkin vaatimukset. Joutsenmerkki voidaan myöntää uudisrakennuskohteissa pientaloille, kerrostaloille, koulu- ja päiväkotirakennuksille sekä vapaa-ajan asunnoille. Peruskorjauskohteissa myös toimistorakennuksia voidaan sertifioida. (Green Building Council, 2018.)

2.4.5 Muut järjestelmät

”Kiinteistöjen sertifiointijärjestelmiä on kehitetty monissa maissa niiden kansallisista lähtökohdista ja omiin tarpeisiin. Kansallisina kehitettyjen järjestelmien käyttö kotimaansa ulkopuolella on rajoittunut varsin suppealle lähialueelle. Tällaisia ovat esimerkiksi DGNB (Saksa), HQE (Ranska), Miljöbyggnad (Ruotsi) ja Green Globes (USA ja Kanada).

Käyttäjien hyvinvointiin keskittyvät sertifikaatit ovat kasvattaneet suosiota viime vuosina. Vaikka perinteiset ympäristösertifiointijärjestelmät sisältävätkin osin mm. sisäilmastoon liittyviä kriteerejä on käyttäjiin keskittyviä järjestelmille nähty erillinen tarve. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi WELL-sertifiointi ja Fitwell. (Green Building Council, 2018.)

2.5 Matalaenergiarakentaminen

Rakennusten energiatehokkuutta kuvaamaan on kehitetty määritelmiä, joiden perusteena on muun muassa rakennuksen energiakulutus ja suhde uusiutuvaan energiaan.

Määritelmien kWh-lukemia vertailtaessa kannattaa huomata, että lukemat ovat laskennallisia ja kuvaavat normaalivuoden lämmitysenergiantarvetta.

Tällä hetkellä matalaenergiatalo voidaan toteuttaa ilman erityisjärjestelyjä. Myös passiivitalot alkavat yleistyä. Passiivitalotkin ovat vain välivaihe, sillä on mahdollista rakentaa taloja, joiden nettoenergiankulutus on nolla tai jotka jopa tuottavat enemmän energiaa kuin kuluttavat.

2.5.1 Matalaenergiatalo

Vanhan, yleisesti käytetyn määritelmän mukaan matalaenergiataloksi on kutsuttu taloa, jonka lämmitysenergiantarve on puolet verrattuna sellaiseen taloon, joka täyttää voimassa olevien rakentamismääräysten vaatimukset.

Uusien rakentamismääräysten myötä eristysvaatimukset tiukentuivat ja samalla matalaenergiatalon määritelmä muuttui. Rakentamismääräysten ohjeiden mukaan matalaenergiarakennusta suunniteltaessa tulisi laskennallisten lämpöhäviöiden olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä.

Matalaenergiatalo kuluttaa lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa alle 60 kWh/brm² vuodessa ja Pohjois-Suomessa alle 90 kWh/brm² vuodessa. (Rakennusteollisuus, 2019.)

2.5.2 Passiivienergiatalo

Passiivienergiatalo ei yleisen määritelmän mukaan tarvitse lainkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. Suomen ilmastossa ei vielä päästä kustannustehokkaasti sellaiseen tasoon, jossa lämmitystä ei lainkaan tarvita. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n määritelmän mukaan passiivitalo tarvitsee lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa noin 20 kWh/brm² vuodessa ja Pohjois-Suomessa noin 30 kWh/brm² vuodessa. (Rakennusteollisuus, 2019.)

2.5.3 Nollaenergiatalo ja plusenergiatalo

Nollaenergiatalo tuottaa uusiutuvaa energiaa vähintään saman verran kuin se kuluttaa uusiutumaton energiaa. Plusenergiatalo tuottaa energiaa vuositasolla enemmän kuin se kuluttaa. Suomessa nollaenergiatalo on järkevintä määritellä energian kokonaiskulutuksen perusteella vuositasolla. Tällöin rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ylijäämä on oltava vähintään yhtä paljon kuin on kulutetun uusiutumattoman energian määrä.

Tämä vaatii energiatehokkuutta talon kaikilta talotekniikkajärjestelmiltä ja elektroniikkalaitteilta, ja ennen kaikkea tilojen ja käyttöveden lämmityksen energiatarpeen vähentämistä sekä valaistusjärjestelmää, joka kuluttaa energiaa alle puolet normaalista. (Rakennusteollisuus, 2019.)

Taulukossa 1 on esitetty toimitilatyypeittäin matalaenergiarakentamisen tavoitetasot.

Taulukko 1. Matalaenergiarakentamisen tavoitetaso toimitilatyypeittäin. (Rakennusinsinöörien liitto, 2012, mukailten)

Matalaenergiarakentamisen energiakulutuksen tavoitetasot (kWh/lämmitetty netto m ² /v) toimitilatyypeittäin verrattuna rakennuskannan kulutustasoon (sähköenergiankulutus kattaa jäähdytyksen) sekä tavanomaiset todelliset käyttöajat (asiantuntija-arvio).					
	Sähköenergia	Lämpöenergia	Sähkö- ja lämpöenergia		Tavanomainen todellinen käyttöaika
	Matalaenergiataso kWh/m ² /v		Matala-energiataso kWh/m ² /v	Rakennuskantataso kWh/m ² /v	
Opetusrakennus	30-50	25-50	55-100	180-250	ma-pe 7.30-18.00
Toimistorakennus	30-50	25-50	55-100	190-250	ma-pe 7.00-18.00
Liikerakennus	60-120	15-30	75-180	200-500	ma-la 6.30-21.00
Päiväkoti	60-80	50-100	110-180	250-400	ma-pe 7.30-18.00
Seurakuntakeskus	30-50	25-50	55-100	190-250	ma-pe 7.30-18.00

2.6 Kiinteistöjen elinkaari

Ympäristö- ja kustannusvaikutuksia on tarkasteltava rakennuksen koko elinkaaren ajalta. Rakentaminen on vain pieni osa kiinteistön elinkaarta.

Elinkaarella tarkoitetaan jaksoa maankäytön ja rakentamisen suunnittelusta ja raaka-aineiden hankinnasta rakentamiseen ja aina rakennuksen purkuun ja purkutuotteiden lajitteluun saakka.

Rakentamisen elinkaariarvioinnissa rakennuksen elinkaari eri vaiheina käsittää

- raaka-aineiden oton
- rakennustuotteiden valmistamisen raaka-aineista
- kuljetukset
- siirrot
- itse rakentamistapahtuman
- rakennuksen käytön sisältäen ylläpidon

- huollon ja korjaukset
- lopulta rakennuksen poiston käytöstä ja tästä purkamisen kautta syntyvien jätteiden uudelleen käyttö, kierrätys tai loppusijoitus.

Erityyppisillä rakennuksilla on hyvin erilainen elinkaari ja kestävyys. Käytännössä tilaaja määrittelee rakennuksen tavoitellun käyttöiän, joka ohjaa eri valintoja suunnitteluvaiheessa.

Merkittävimmät päätökset rakennusten elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista tehdään jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa ja rakentamisessa tehtyjä valintoja ei voi aina muuttaa käytön aikana tai muuttaminen on kallista.

Kustannuksia vertailtaessa ei voi tarkastella vain investointeja, vaan elinkaaren mittaan kertyvät kustannukset ovat oleellisia. Samoin rakennuksen energiankulutus ja ylläpito on huomioitava koko käyttöajalta, joka voi olla 50 tai jopa 150 vuoden pituinen.

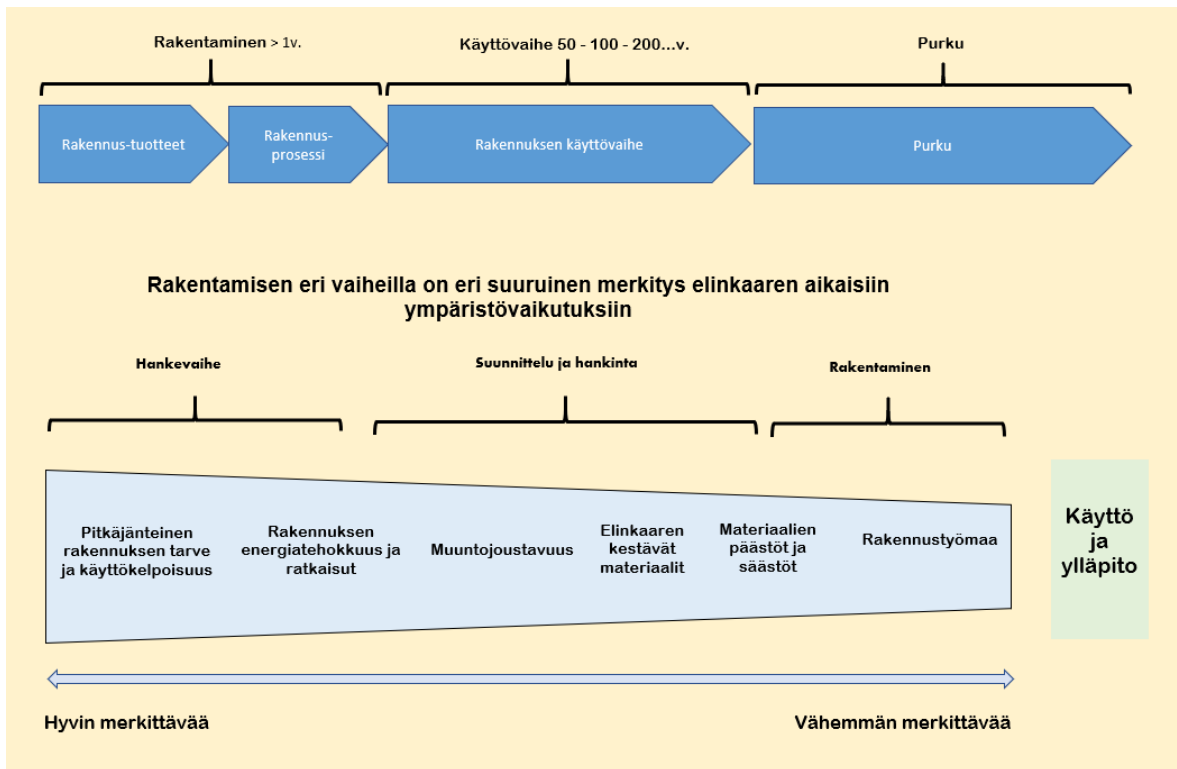
Rakennuksen teknisten ominaisuuksien parantaminen saattaa esimerkiksi kasvattaa kustannuksia ja päästöjä valmistusvaiheessa, mutta sen ansiosta talon elinkaaren aikainen energiankulutus, ympäristökuormitus ja kustannukset voivat pienentyä huomattavasti.

Rakennushankkeen eri vaiheilla ja päätöksillä on eri suuruinen vaikutus rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutuksiin. Merkittävimmät päätökset tehdään hanke- ja suunnitteluvaiheissa. Tärkeintä on tehokas kokonaisuus ja hyvin toimiva rakennus, eivät optimoidut alakokonaisuudet. Tehokasta voi olla myös jättää rakentamatta.

Elinkaaritarkastelu menetelmänä huomioi kokonaisuuden, ja auttaa tunnistamaan, mittaamaan ja kehittämään erityyppisissä kohteissa niiden elinkaaritehokkuuden kannalta tärkeimpiä osa-alueita. Erityyppisissä rakennuksissa eri osa-alueiden tärkeys korostuu. Esimerkiksi nollaenergiarakennuksissa energiaratkaisuilla elinkaaripäästöjä voidaan selvästi vähentää ja lyhyen elinkaaren rakennuksissa, kuten parakkikouluissa, materiaalien osuus elinkaaripäästöistä korostuu. Rakentamisvaiheessa olennaisin vaikutus on rakentamisen laadulla. Laadukkaalla rakentamisella varmistetaan, että rakennus saavuttaa tavoitellun elinikänsä eikä sitä jouduta korjaamaan tai purkamaan ennen aikaisesti.

Rakennuttajan tulee vaatia sekä suunnittelulta että toteuttamiselta pitkäikäisiä ja koko rakennuksen elinkaaren kannalta tehokkaita ratkaisuja. Riittävä panostus suunnitteluun ja suunnittelun tavoitteiden asettelu auttavat hyvän lopputuloksen saavuttamisessa. Rakennus, jota on helppoa ja tehokasta käyttää ja huoltaa, on elinkaarensa aikana vähäpäästöisempi ja edullisempi käyttää kuin rakennus, jossa käyttö ja huolto on hankalaa. Rakennushankkeen suunnittelun tavoitteiden asettaminen onkin yksi tältä kannalta tärkeimpiä päätöksiä. (Rakennusteollisuus, rakennuksen elinkaari, 2019.)

Kuvassa 5 on esitetty rakentamisen eri vaiheiden merkitys kiinteistön elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin.



Kuva 5. Rakennuksen elinkaari. (rakennusteollisuus, 2019a, mukaillen)

2.7 Kestävä rakentaminen

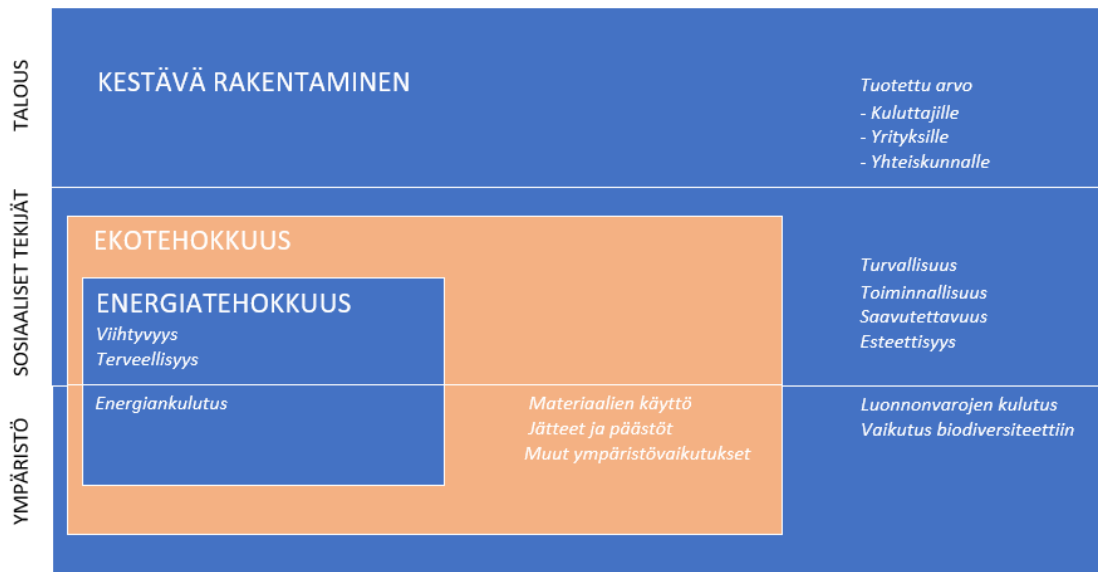
Kestävä rakentaminen ottaa huomioon rakentamisen ja rakennuksen ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset näkökohdat. Kestävä rakentaminen tuottaa mahdollisimman vähähiilisiä, pitkäikäisiä, materiaali- ja energiatehokkaita rakennuksia ja rakenteita. Ne ovat turvallisia, terveellisiä, viihtyisiä, muuntojoustavia, helppohoitoisia ja arvonsa säilyttäviä.

Kestävässä rakentamisessa olennaista on tarkastella eri ratkaisuja rakennuksen koko elinkaaren ja vastuullisuuden kaikkien osa-alueiden kannalta. Vaikka ilmastonmuutoksen torjunta on keskeinen päämäärä, vähäpäästöisyys tai energiatehokkuus eivät esimerkiksi saa ohjata valintoja terveellisyyden tai turvallisuuden kustannuksella.

Kestävän kehityksen periaatteiden tuominen osaksi rakennushanketta vaatii uudistamaan rakentamisen panos-tuotosajattelua. Laskennan painopiste on siirrettävä investointivaiheesta täyteen elinkaareen, sillä elinkaaren mittaan kertyvät kustannukset ovat merkittäviä. Samaan aikaan on tehtävä kiinteistön omistajan, käyttäjän ja ympäristön kannalta mahdollisimman optimaalisia ratkaisuja.

Työ vaatii eri osapuolten tiivistä yhteistyötä. Ammattitaitoisella suunnittelulla, toimivilla teknisillä ratkaisuilla ja huolellisella toteutuksella on olennainen merkitys kestävän rakentamisen tavoitteiden saavuttamisessa. (Rakennusteollisuus, 2019.)

Kuvassa 6 on esitetty kestävän rakentamisen ja asumisen taloudelliset-, sosiaaliset, ja ympäristövaikutukset.



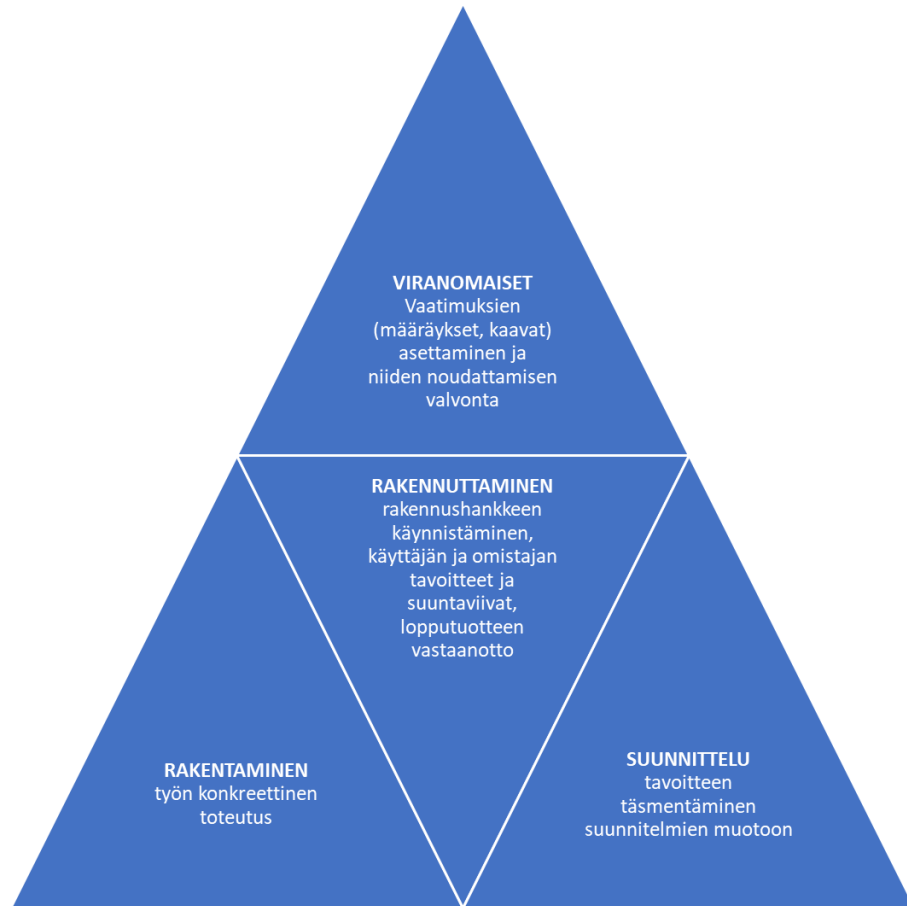
Kuva 6. Kestävän rakentamisen ja asumisen taloudelliset-, sosiaaliset, ja ympäristövaikutukset.
(Rakennusteollisuus, 2019c, mukailten)

3 HANKKEEN RAKENNUTTAMINEN JA JOHTAMINEN

Kun ilman omaa rakennuttajaorganisaatiota toimiva yritys tai yhteisö tekee päätöksen uuden tilan rakentamisesta tai vanhan korjaamisesta, se nimeää samalla hankkeen toimeksiannosta vastuussa olevan organisaation.

Tilajaorganisaatio tai sitä edustava henkilö käynnistä hankkeen, käyttää ratkaisevaa päätösvaltaa ja kantaa lopullisen vastuun hankkeesta sekä sen kustannuksista. Tilaja ei siis yleensä hoida kaikkia rakennuttamistehtäviä itse, vaan ostaa rakennuttamispalvelut kokonaan tai osittain ulkopuoliselta organisaatiolta eli rakennuttajakonsultilta. Tämä johtaa toimeksiannossa määritellyin valtuuksin rakennushanketta ja edustaa tilajaa suunnittelijoihin, urakoitsijoihin ja muihin rakentamisen osapuoliin nähden. Tilajan on kuitenkin itse vastattava tulevien käyttäjien tai vuokralaisten tarpeiden huomioon ottamisesta myös silloin, kun nämä tulevat tilajaorganisaation ulkopuolelta. (Peltonen & Kiiras, 1998.)

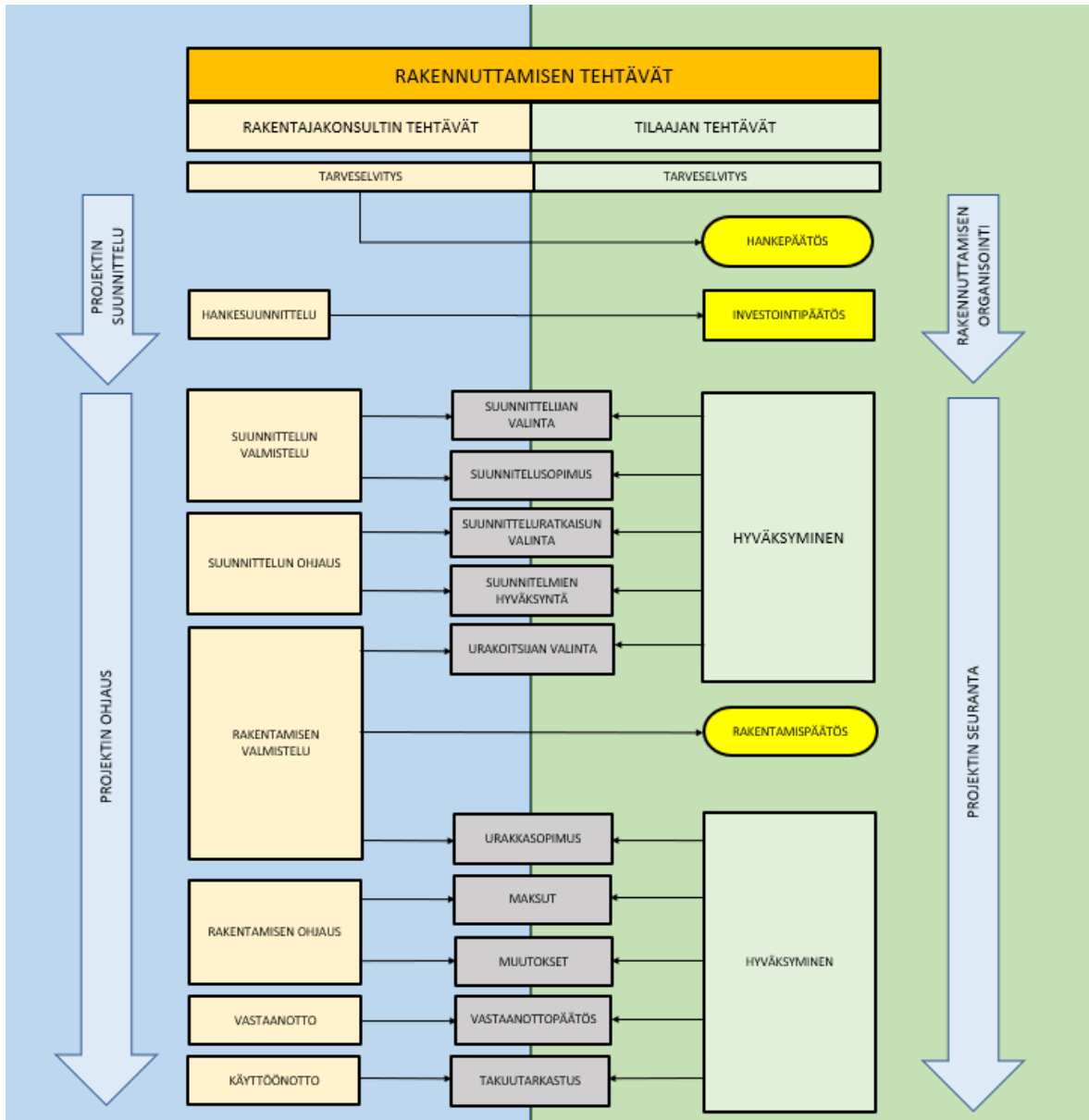
Kuvassa 7 on esitetty rakennushankkeen osapuolet, jotka voidaan jakaa rakennuttamiseen, suunnitteluun, rakentamiseen sekä rakennushankkeen toteutusta sääteleviin ja tarkasteleviin viranomaisiin.



Kuva 7. Rakennushankkeeseen liittyvät osapuolet. (Rakennustieto Oy, 2016, mukaillen)

Tilaaajan ja rakennuttajakonsultin tehtävien rajausta vaihtelee hankekohtaisesti. Tehtävien laajuuteen vaikuttavat hankkeen laajuus ja monimutkaisuus sekä tilaaja organisaation omien resurssien riittävyys sekä tarvittava osaaminen. Rakennuttajakonsultti voidaan palkata vastaamaan koko projektista tai vain tietyin osin. Rakennuttamispalvelujen tarve yleensä selviää jo hankkeen alkuvaiheen selvitysvaiheessa. Alla olevassa kuvassa on esitetty rakennushankkeen päävaiheiden tärkeimpien tehtävien rajapintaa tilaajan ja rakennuttajakonsultin välillä. (Rakennustieto, 2016.)

Kuvassa 8 on esitetty miten tilaajan ja rakennuttajakonsultin tehtävien rajapinnat kohtaavat rakennushankkeessa.



Kuva 8. Tilaajan ja rakennuttajakonsultin tehtävien rajapinnat rakentamisessa. (Kankainen & Junnonen, 2013, mukailten)

3.1 Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen eri vaiheet

3.1.1 Tarveselvitys

Rakennushankkeen tarveselvitysvaihe lähtee liikkeelle rakennuksen omistajan tai käyttäjän toimesta. Tarveselvitys on alustava kuvaus tarvittavista tiloista ja niille asetetuista vaatimuksista karkealla tarkkuudella. Se sisältää alustavan tilaohjelman, tilojen vaaditut ominaisuudet sekä hankkeen toteutusaikataulun.

Tilanhankinnan ratkaisuvaihtoehtoja ovat mm. ostaminen, vuokraaminen ja uudis- tai korjausrakentaminen. Vaihtoehtoja vertaillen on otettava huomioon tavoitteet, toiminnalliset ja taloudelliset tekijät, aikatekijät sekä valintoihin liittyvät riskit. Tilanhankintatavan pääsääntönä voidaan pitää, että mitä enemmän olemassa olevaa rakennuskantaa pystytään hyväksikäyttämään, sitä parempi se on ympäristön kannalta ja usein myös taloudellisesti. Tarveselvityksen pohjalta päätetään kannattaako rakennushankkeeseen ryhtyä. (Kankainen & Junnonen, 2013.)

Tarveselvitystyön tulosten pohjalta tehdään hankesuunnittelupäätös. Tarveselvitys sisältää alustavan aikataulun, kustannus- ja kannattavuusarvion sekä rakennusohjelman. Tilaajalle tarveselvitysvaihe on taloudellisesti merkittävin vaihe, koska silloin tehdään rakennuttamis- päätös, joka merkitsee huomattavaa investointia (Liuksiala & Stoor, 2014.)

Tarveselvityksessä perustellaan tilanhankinnan tarpeellisuus tai olemassa olevan tilan muutostarve, kuvataan alustavasti tarvittavat tilat ja niille asetettavat vaatimukset, tutkitaan vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet sekä arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus.

Tilantarve selvitetään karkeasti tilaryhmittäin ottaen huomioon kehityssennusteista arvioitu kohtuullinen laajennusvara. Eri käyttö- ja toimintaratkaisut asettavat tiloille erilaiset vaatimukset, joiden tyydyttämiseksi voi olla useita erilaisia ratkaisuja, joista rakentamisvaihtoehto johtaa hankeprosessiin. Usein tarveselvitys ja hankesuunnitelma voidaan tehdä

yhdessä. Tilanhankinnan tarveselvityksen laatii omistajan tai käyttäjän toimeksiannosta rakennuttaja käyttäen tarvittaessa apunaan suunnittelijoita tai muita asiantuntijoita.

Vaiheen tuloksena syntyy hyväksytty tarveselvitys ja hankepääätös. (Rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelu on rakennushankkeen perusteiden ja tarpeen sekä niiden edellyttämien toteuttamismahdollisuuksien yksityiskohtaista arviointia ja selvittämistä. Hankesuunnittelun lähtötietoja ovat tarveselvityksen alustava tilaohjelma, tilojen ominaisuudet ja hankkeen aikataulu.

Hankesuunnittelussa määritetään tarkat rakennushankkeen laajuutta, kustannuksia, laatua, ajoitusta ja valmiin rakennuksen ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelussa määritetään myös rakennuspaikka ja hankkeen toteutustapa. Suunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka sisältää investointipäätöstä varten tarvittavat rakennushanketta koskevat tiedot ja rakennussuunnittelun tavoitteen määrittelyn. Hankesuunnittelussa tarkennetaan tarveselvitykseen kirjatut tavoitteet ja laaditaan suunnitteluohje rakennuksen arkkitehtonista ja teknistä suunnittelua varten. Tässä vaiheessa tarkennetaan aikataulu, rakennuksen tulevan toiminnan laajuus ja mitoitus sekä asetetaan hankkeen budjetti. Aikataululla määritetään suoritusvaiheille aikarajat. Aikataulu on hankkeen hallinta- ja valvontatyökalu.

Hankesuunnitteluun osallistuvat yleensä tilaaja, käyttäjä, rakennuttajakonsultti ja suunnittelijat. Käyttäjä määrittelee tulevan toiminnan lähtökohdat ja tarpeet, Rakennuttajakonsultti toimii hankkeen sisällön ja sen läpiviennin sekä rakennustoiminnan asiantuntijana, suunnittelijat kokoavat rakennussuunnittelun pohjaksi tarvittavia tietoja ja arkkitehti laatii tilaohjelman. Tilaohjelma on luettelo huonetiloista, jotka sisältyvät rakennushankkeeseen. Tilaohjelman laatimisen yhteydessä määritetään rakennuksen ulko- ja sisäpuolisten rakenteiden sekä toiminnan vaatimien tilojen ominaisuudet. Tilaohjelman ja rakennuspaikan selvityksen perusteella lasketaan hankkeen tavoitehinta. (Kankainen & Junnonen, 2013.)

Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Siinä määritellään rakennuspaikka ja hankkeen toteutustapa. Hankesuunnittelussa laaditaan toimeksiantajan investointipäätökseen tarvitsemat rakennushanketta koskevat tiedot ja rakennussuunnittelun tavoitemäärittely.

Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Projektiohjelmassa esitetään hankkeen läpiviennille asetetut tavoitteet ja hankeohjelmassa hankkeen suunnittelulle asetetut tavoitteet. Hankesuunnittelun yhteydessä mahdollisesti tehdyt ehdotussuunnitelmat eivät kuulu hankesuunnitelmaan. Hankesuunnittelu on luonteeltaan tarkentuva prosessi, jossa haetaan tasapainoa tavoitteiden ja lähtötietojen välille. Tuottovaatimus on usein keskeinen kriteeri. Hankesuunnittelun suorittaa toimeksiantaja käyttäen apunaan rakennuttajakonsulttien ja suunnittelijoiden asiantuntemusta. Toimeksiantaja hyväksyy hankesuunnittelun tuloksena syntyvän projekti- ja hankeohjelman sekä hankkii rahoituksen.

Vaiheen tuloksena syntyy hyväksytty hankesuunnitelma ja investointipäätös. (Rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.3 Suunnittelun valmistelu

Suunnittelun valmistelussa organisoidaan suunnittelu, pidetään mahdolliset suunnittelukilpailut, pyydetään suunnittelutarjoukset, käydään tarvittavat neuvottelut, valitaan suunnittelijat, tehdään suunnittelusopimukset ja käynnistetään suunnittelu.

Vaiheen tuloksena syntyy suunnittelupäätös ja suunnittelu käynnistetään. (Rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.4 Ehdotussuunnittelun ohjaus

Ehdotussuunnittelussa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi. Suunnittelun ohjauksella varmistetaan, että suunnitteluprosessi johtaa asetettuihin tavoitteisiin ja tuottaa toiminnallisesti, taloudellisesti, esteettisesti, teknisesti, ympäristöllisesti ja muilta vaatimuksiltaan hyväksyttävät suunnitelmat.

Vaiheen tuloksena syntyy ehdotuksen valintapäätös ja suunnitteluratkaisu jatkosuunnittelun pohjaksi. (Rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.5 Rakennuslupatehtävät

Rakennuslupatehtävissä selvitetään hankkeen edellyttämät lupamenettelyt, varmistetaan pääpiirustusten hyväksyttävyyys sekä laaditaan lupahakemus tarvittavine asiakirjoinen (Rakennustieto Oy, 2017a).

3.1.6 Toteutussuunnittelun ohjaus

Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu. Suunnittelun ohjauksella varmistetaan, että suunnitteluprosessi johtaa asetettuihin tavoitteisiin ja tuottaa toiminnallisesti, taloudellisesti, esteettisesti, teknisesti, ympäristöllisesti ja muilta vaatimuksiltaan hyväksyttävät suunnitelmat.

Vaiheen tuloksena syntyy hyväksytyt toteutussuunnitelmat. (Rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.7 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmistelussa organisoidaan rakentaminen, kilpailutetaan rakentamistehtävät, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään urakka- ja hankintasopimukset.

Vaiheen tuloksena syntyy rakentamispäätös ja urakoitsijavalinnat (Rakennustieto Oy, 2017a).

3.1.8 Toteutusvaihe eli rakentaminen

Rakentamisessa varmistetaan sopimuksenmukainen toteutus, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Lisäksi huolehditaan toimeksiantajan eduista ja rakennuttajavelvoitteista sekä teetetään täydentävät ja muut muutostyösuunnitelmat. Aikatauluvalvonnalla varmistetaan kohteen valmistuminen sovitussa aikataulussa. Vastaanottovaiheessa tarkistetaan, että rakennus on tehty suunnitelmien mukaisesti ja toimii suunnitellulla tavalla. Rakennuksen valmistuminen todetaan vastaanotossa.

Vaiheen tuloksena syntyy vastaanottopäätös ja urakan vastaanotto. (Rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.9 Käyttöönotto

Rakennus saa käyttöönottoluvan, kun se on viranomaisten tarkastuksissa hyväksytty ja vastaanottotarkastuksessa vastaanotettu. Käyttöönottovaiheessa käyttäjät perehdytetään rakennuksen käyttöön. Urakkasopimuksessa sovitaan tyypillisesti takuuajasta, jonka kuluessa urakoitsija korjaa omalla kustannuksellaan havaitut virheet. Takuuajan päättyessä pidetään takuutarkastus (Liuksiala & Stoor, 2014). Käyttöönotossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus.

Vaiheen tuloksena rakennus otetaan käyttöön (rakennustieto Oy, 2017a).

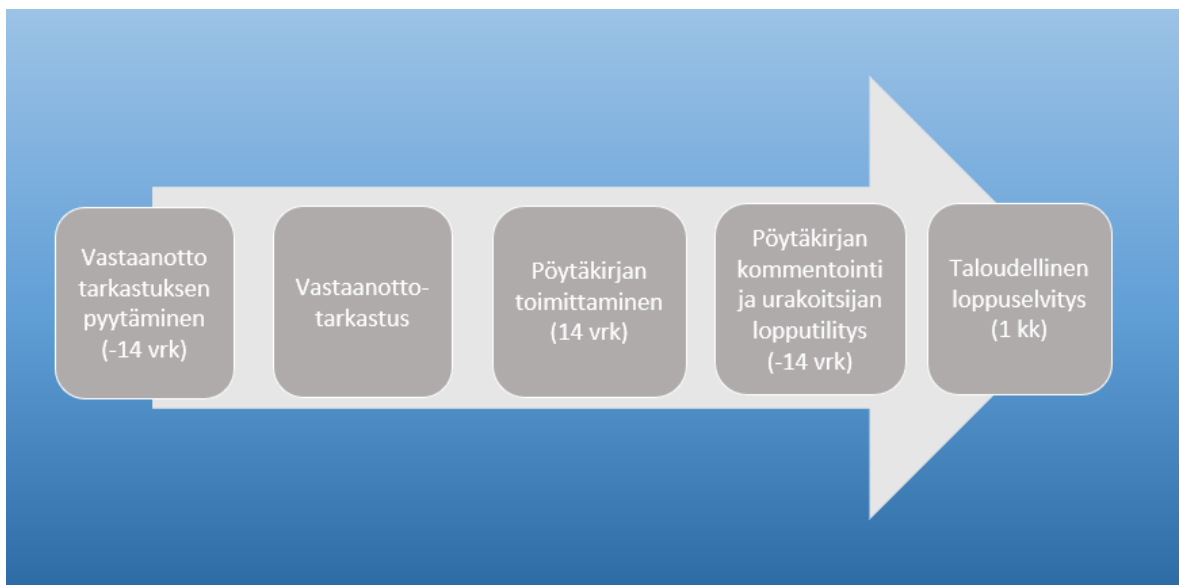
3.1.10 Vastaanotto

Urakkasuorituksen tarkastuksessa ja vastaanottotarkastuksessa:

- Urakoitsija luovuttaa ja tilaaja vastaanottaa
- Urakkasuorituksen vastaanotossa tilaajana toimii joko rakennuttaja tai aliurakoitsijaan päin toinen urakoitsija
- Vastaanottotarkastuksessa ovat siis läsnä tilaajan ja urakoitsijan edustajat
- Ei tapahdu vain yhdessä toimituksessa, vaan kysymys on vastaanotto- ja käyttöönottoprosessista.
- Sisältää rakennustyön sopimuksenmukaisuuden arvioinnin käsittäen teknistä, oikeudellista ja taloudellista tarkastelua.

Vastaanottotarkastuksessa on todettava, onko aikaansaatu työntulos sopimusasiakirjojen määräysten mukainen. (Rakennustieto, 2017a.)

Kuvassa 9 on esitetty rakennusurakan vastaanottoprosessi.



Kuva 9. Vastaanottoprosessin kulku (Rakennustieto, 1998, mukaillen)

Vastaanottoprosessi YSE98:n mukaan:

- 70§, Urakkasuorituksen tarkastus ennen vastaanottotarkastusta
- 71§, Rakennuskohteen vastaanottotarkastus
- 72§, vastaanottotarkastuksen jälkeiset toimenpiteet
- 73§, Taloudellinen loppuselvitys

3.1.11 Takuu aika

Takuu aikana seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuuajan säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet. Vaiheen tuloksena syntyy päätös takuuajan velvoitteiden hyväksymisestä ja takuuajan vakuuden palauttamisesta (rakennustieto Oy, 2017a.)

3.1.12 Takuuajan jälkeinen rakennuksen käyttö ja ylläpito

Kiinteistön ylläpito voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen kiinteistönhoitoon ja kunnossapitoon. Kiinteistönhoito on suunnitelmallista ja säännöllistä toimintaa, jolla pidetään kiinteistön sisäilma-, lämpötila-, ja muut olosuhteet halutulla tasolla. Kiinteistönhuolto sisältää teknisten järjestelmien hoidon ja huollon, viallisten kohteiden korjaamisen ja kunnostuksen, siivouksen, jätehuollon ja ulkoalueiden hoidon. Kunnossapidolla pyritään säilyttämään kiinteistön ominaisuudet joko uusimalla tai korjaamalla ja kunnostamalla vialliset ja kuluneet osat siten, että kohteen suhteellinen laatutaso ei olennaisesti muutu.

Kiinteistön ylläpitoon kuuluu rakennuksen kunnan jatkuva seuranta korjaustarpeiden selvittäminen ja niiden esille tuominen. Korjaustarpeiden selvittämiseksi ja korjaussuunnitelmien laatimiseksi kannattaa käyttää kuntoarviointi- ja kuntotutkimusmenetelmiä, joilla saadaan

selville rakennuksen kunto tai sen järjestelmien korjaustarpeet ja arvio niiden kustannuksista ja ajankohdista.

Korjaamisessa uusitaan tai kunnostetaan kiinteistön olemassa olevia rakenteita tai järjestelmiä niin, että päästään uuteen vastaavaan tai parantavaan laatutasoon. Korjaaminen tulisi aina kytkeä osaksi kiinteistön suunnitelmallista ja oikea-aikaista ylläpitoa ja kehittämistä niin, että kiinteistön korjaushankkeet ajoitetaan pitkän aikavälin suunnitelman (PTS) mukaan. Ylläpitokorjausten yhteydessä kannattaa yleensä toteuttaa mahdollisuuksien mukaan myös laatutason parantamista, esimerkiksi edistää ja kehittää kiinteistön energiatehokkuutta.

Kiinteistönhoidon ja kunnossapidon laatutaso vaikuttavat merkittävästi kiinteistöjen käytettävyyteen sekä käyttäjien viihtyvyyteen. Kiinteistön käyttäjän tyytyväisyys kertoo onnistuneesta kiinteistönhoidosta. Kiinteistöt ovat aina omistajilleen merkittäviä ja isoja investointeja, ja vain niiden hyvä ylläpito ja huolto takaa arvon, kunnan ja käytettävyyden säilymisen sekä optimaaliset käyttö- ja kunnossapitokustannukset. (Ympäristöhallinto, 2019.)

4 EMPIIRINEN TUTKIMUS

4.1 Haastattelut

Haastattelut jaettiin kolmeen ryhmään, haastateltaviksi valikoitui tilaajan/rakennuttajan edustajia, suunnittelijoita sekä kiinteistöpäälliköitä/managereita. Haastatteluissa pyrittiin selvittämään kunkin ryhmän ajatuksia energiatehokkuudesta kiinteistöissä sekä muista siihen liittyvistä seikoista. Kysymykset pyrittiin kohdentamaan kullekin ryhmälle, osa kysymyksistä oli samoja, joten näistä kysymyksistä saatiin vertailut kunkin ryhmän osalta, joita voitiin verrata keskenään.

Termillä ”tilaaja” tarkoitetaan tässä yhteydessä kiinteistöjen rakennuttajaa, jonka tehtäväksi rakennushanke on annettu ja toimeksiantajaa, joka käynnistää hankkeen, käyttää ratkaisevaa päätösvaltaa ja vastaa hankkeesta sekä sen kustannuksista.

Termillä ”suunnittelija” tarkoitetaan tässä yhteydessä LVI-suunnittelijaa.

Termillä ”kiinteistöpäällikkö”, tarkoitetaan tässä yhteydessä kiinteistön ylläpidosta ja huollosta vastaavaa henkilöä.

Haastattelut suoritettiin sähköpostikyselynä surveypal-alustalla, kysymyksiä oli 11-15 kpl, ryhmästä riippuen ja kysymykset pyrittiin muotoilemaan mahdollisimman yksiselitteisiksi ja helpoiksi vastata, mm. kyllä/ei, asteikolla 1–10 ja muutamaan kohtaan avoin vastaus. Kyselyyn vastaaminen kesti n. 5–10 min.

Kysymykset 1-4 olivat samanlaiset jokaiselle ryhmälle, joten näistä kysymyksistä päästiin arvioimaan eri ryhmien näkökulmia kysymyksiin. Tätä on käsitelty luvussa 4.2.

4.1.1 Tilajaat

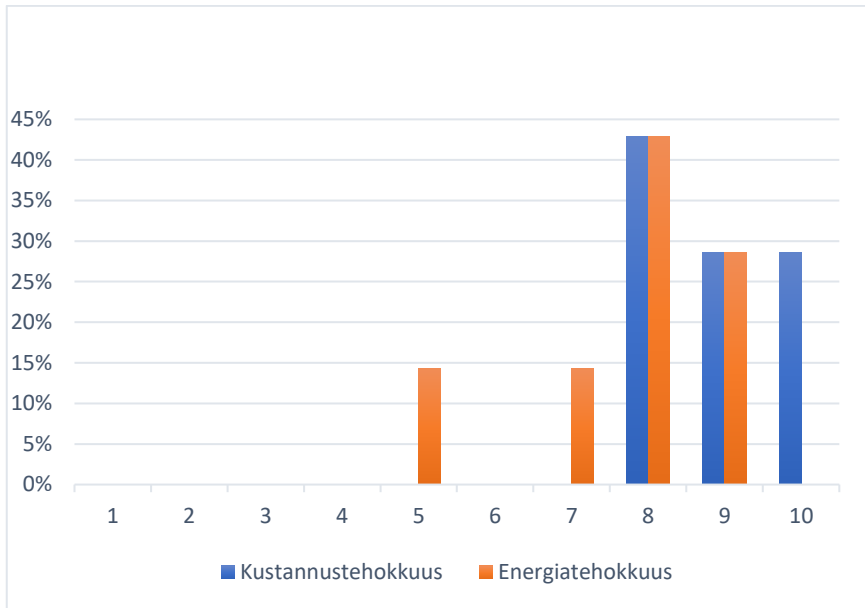
Kyselyjä lähetettiin 12 kpl, vastauksia saatiin 7 kpl. vastausprosentti oli 58. Kysymyksien lukumäärä tässä ryhmässä 13 kpl.

Kysymys 1, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeänä pidätte energiatehokkuuden huomioimista rakennuttamisprosessissa?

- Rakennuttajien/tilaajien osalta kyselyssä havaittiin, että energiatehokkuuden huomioiminen koettiin tärkeäksi osaksi rakennuttamista, keskiarvoksi asteikolla 1–10, saatiin 8,29.

Kysymys 2, Asteikolla 1-10, Kuinka tärkeänä pidätte alla olevia seikkoja kiinteistöjen rakennuttamisessa?

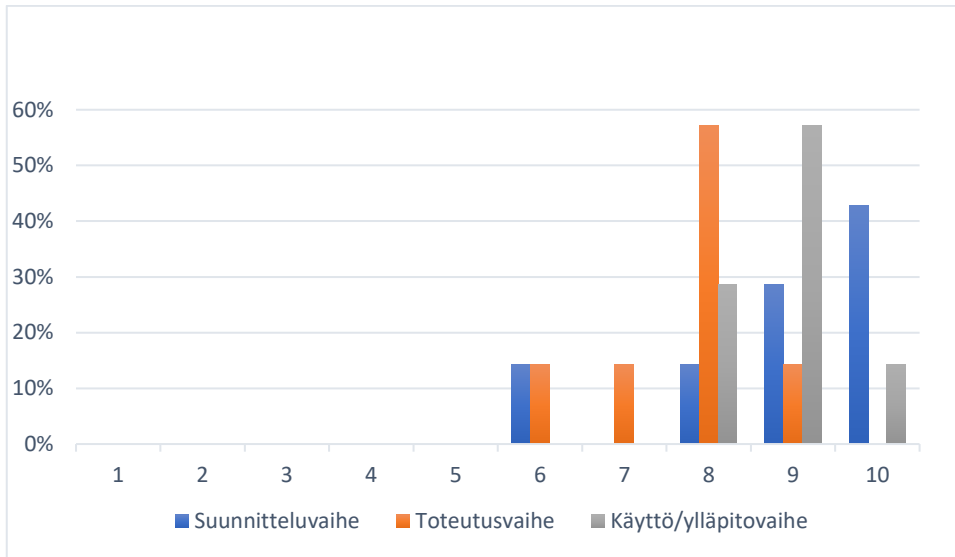
- kustannustehokkuus
- energiatehokkuus
- Verrattaessa kustannustehokkuutta ja energiatehokkuutta, kustannustehokkuuden keskiarvo oli 9,5 ja energiatehokkuuden ollessa 7,5. Jakauma on esitetty alla kuvassa 10.



Kuva 10. Jakauma kustannustehokkuuden ja energiatehokkuuden kesken.

Kysymys 3, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeinä pidätte seuraavia rakennuttamisen vaiheita elinkaarikustannus- ja energiatehokkuuden toteutumisen kannalta?

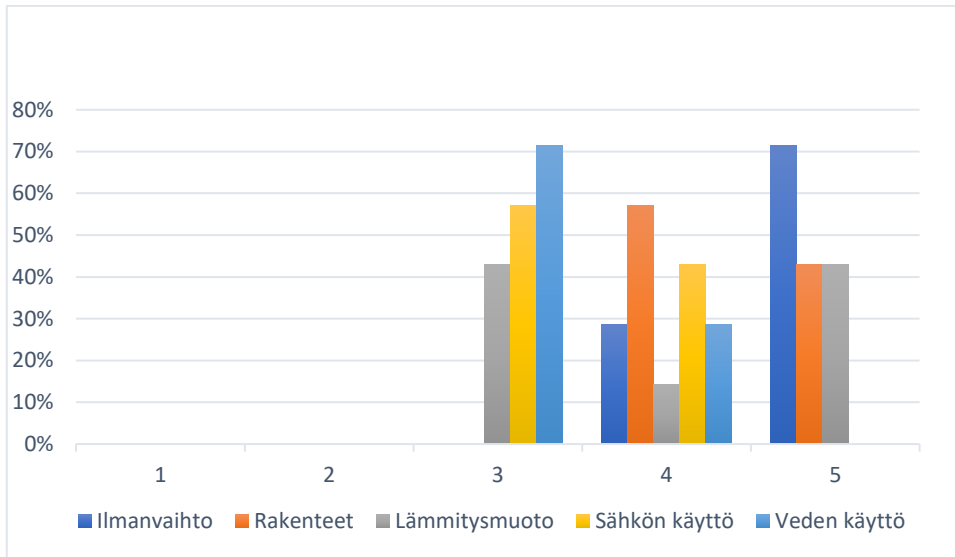
- suunnitteluvaihe
 - toteutusvaihe
 - käyttö- ja ylläpitovaihe
- Rakennuttamisen eri vaiheista rakennuttajat kokivat tärkeimmiksi suunnitteluvaiheen sekä Käyttö/ylläpitovaiheen, molemmissa keskiarvo oli 8,86. Toteutusvaihetta ei koettu aivan niin tärkeäksi keskiarvolla 7,71. Jakauma on esitetty alla kuvassa 11.



Kuva 11. Jakauma suunnittelu-, toteutus- ja käyttö/ylläpitovaiheen kesken.

Kysymys 4, Asteikolla 1-5, kuinka tärkeinä pidätte alla olevia seikkoja energiatehokkuuden kannalta?

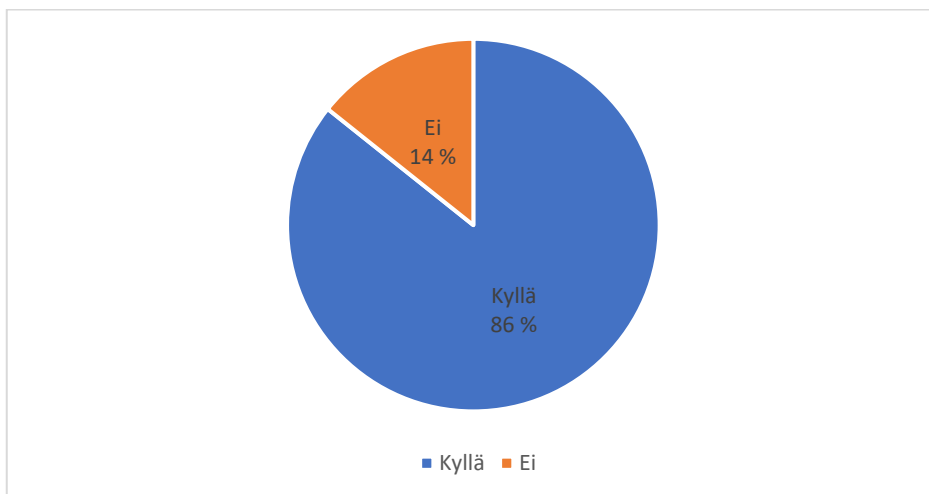
- ilmanvaihto
 - rakenteet
 - lämmitysmuoto
 - sähkön käyttö
 - veden käyttö
- Energiatehokkuuteen vaikuttavista seikoista ilmanvaihto, rakenteet, lämmitysmuoto, sähkön käyttö ja veden käyttö, rakennuttajat kokivat asteikolla 1–5 tärkeimmäksi ilmanvaihdon keskiarvolla 4,71. Seuraavina olivat rakenteet 4,43, lämmitysmuoto 4,0, sähkön käyttö 3,43 ja veden käyttö 3,29. Jakauma on esitetty alla kuvassa 12.



Kuva 12. Jakauma ilmanvaihdon, rakenteiden, lämmitysmuodon, sähkön käytön ja veden käytön kesken.

Kysymys 5, Oletteko olleet kohteissanne keskimäärin tyytyväisiä suunnittelijoiden panokseen kohteidenne energiatehokkuusasioissa? Jos vastasitte ei, mikä on ollut syy?

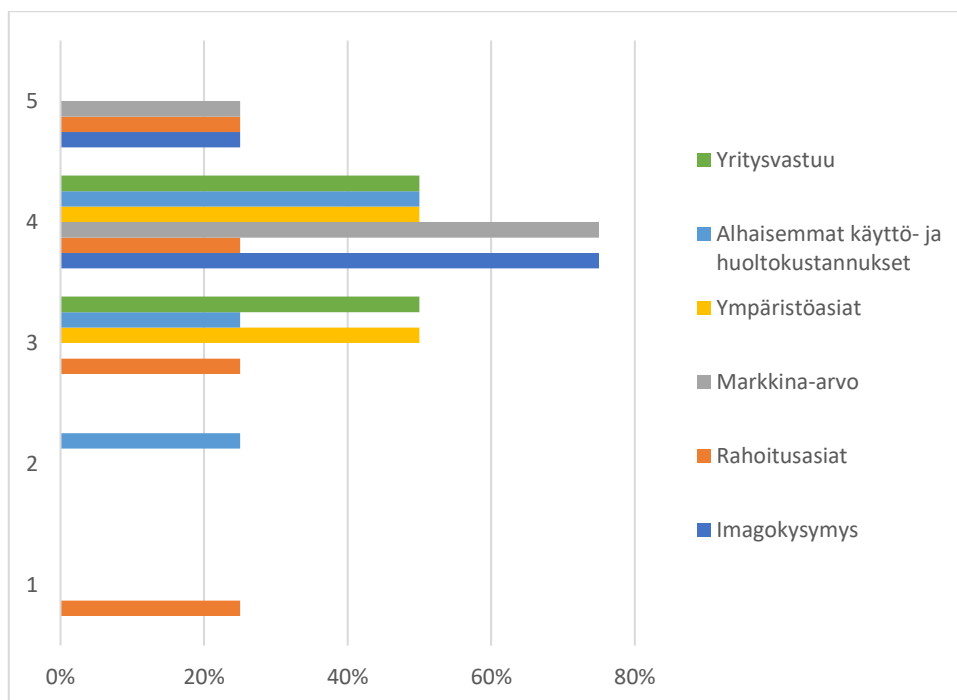
- Tilaaajista 86 % oli ollut tyytyväisiä suunnittelijoiden panokseen kohteiden energiatehokkuusasioissa. Vastaajista, jotka eivät olleet tyytyväisiä kokivat, että suunnittelijoilla ei ollut riittävästi oma-aloitteisuutta ja liian kiire, joten suunnittelivat pelkäämään mitä oli tilattu. Jakauma on esitetty alla kuvassa 13.



Kuva 13. Jakauma kyllä- ja ei-vaihtojen kesken.

Kysymys 6, Onko kiinteistöissänne käytössä ympäristösertifikaatteja, jos on, niin mitkä? Jos vastasitte edelliseen kysymykseen kyllä, asteikolla 1-5, kuinka tärkeinä koette alla olevat seikat ympäristöluokituksessa?

- Ympäristösertifikaateista vastaajilla oli kohteissa käytössä LEED (57 %), Breeam (57 %) sekä RTS-ympäristöluokitus (14 %). 43 % vastasi, että ei ole käytössä.
- Kysyttäessä asteikolla 1–5, mitkä olivat seikkoja, jotka koettiin tärkeiksi sertifikaattien käytössä, tärkeimmiksi nousivat imagokysymys ja markkina-arvo, keskiarvolla 4,25. Näitä seurasivat ympäristöseikat ja yritysvastuu (ka 3,5), rahoitusasiat ja alhaisemmat käyttö- ja huoltokustannukset (ka 3,25). Jakauma esitetty alla kuvassa 14.



Kuva 14. Jakauma seikoista ympäristösertifikaattien käyttöön.

Kysymys 7, Asteikolla 1-10, Kuinka tärkeänä koette kestävän rakentamisen kiinteistöjenne rakentamisessa?

- Kestävä rakentaminen sai rakennuttajilta keskiarvon 9,0, joten tämä koettiin tärkeäksi arvoksi rakennuttamisessa.

Kysymys 8, Onko kiinteistöissänne käytössä jokin ns. uusiutuva energiamuoto? Jos on, niin mikä?

- Uusiutuvista energiamuodoista kaikilla vastaajilla oli käytössä jossain kohteessa aurinkoenergia ja 43 % vastaajista ilmoitti jossain kohteessa olleen käytössä maalämmön.

Kysymys 9, Oletteko käyttänyt energia-asiantuntijaa rakennuttamiskohteissänne? Jos vastasitte ei, niin miksi?

- Varsinaisten energia-asiantuntijoiden käytöstä rakennuttamiskohteissa 71 % vastasi kyllä ja loput vastaajista ilmoittivat, että ovat joko itse hoitaneet nämä tehtävät tai LVI-valvoja tai LVI-suunnittelija ovat hoitaneet.

Kysymys 10, Asteikolla 1-10, Kuinka tärkeänä koette ylläpidon huomioimista rakennuttamisessa?

- Ylläpidon/käytön huomioimista rakennuttamisessa rakennuttajat pitivät tärkeänä keskiarvolla 9,0.

Kysymys 11, Asteikolla 1-10, kuinka tyytyväisiä olette olleet rakennusvaiheessa valvojen rooliin kohteissänne? Millä alueella valvojen toiminnassa olisi ollut parannettavaa?

- Tyytyväisyyteen valvojen rooliin toteutusvaiheessa saatiin keskiarvoksi 8,43. Kysyttäessä missä osa-alueissa oli valvojilla parannettavaa, rakennuttajat ilmoittivat takuuajan ongelmien hoidon, innovatiivisuuden puutteen. Valvojen tasossa kerrottiin myös olleen valtavia eroja. Rakennuttajien mielestä osa hoitaa tehtävänsä asiallisesti, mutta osa ei osaa huolehtia tilaajan edunvalvonnasta ja jälkikäteen paljastuu suoranaisia laiminlyöntejä valvonnan osalta.

Kysymys 12, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeänä koette hankkeen onnistumisen kannalta, että valvojat olisivat hankkeessa mukana aivan alusta asti?

- Kysyttäessä, kuinka tärkeänä rakennuttajat kokevat, että valvojat olisivat hankkeessa mukana aivan alusta asti, saatiin keskiarvoksi 7,86.

Kysymys 13, Sana on vapaa- osiossa tilaajalta suora lainaus:

” Uudishankkeissa tai koko kiinteistön kattavissa peruskorjauksissa energiatehokkuusasioiden huomioiminen on helpompaa, mutta monikäyttäjakohteissa (esim. toimistotalot), joissa remontteja tehdään sitä mukaa kun huoneistoissa mahdollisesti vaihtuu vuokralainen, on energiatehokkuustoimenpiteiden huomioiminen haastavampaa.”

Yhteenvedona tilaajien haastatteluista voidaan mainita, että verrattaessa kustannustehokkuutta ja energiatehokkuutta rakennuttamisessa, kustannustehokkuus nousi tärkeämmäksi seikaksi. Rakennuttamisen eri vaiheista rakennuttajat kokivat tärkeimmiksi suunnitteluvaiheen sekä Käyttö- ja ylläpitovaiheen. Energiatehokkuuteen vaikuttavista seikoista ilmanvaihto, rakenteet, lämmitysmuoto, sähkön käyttö ja veden käyttö, rakennuttajat kokivat tärkeimmäksi ilmanvaihdon, seuraavina olivat, sähkön käyttö ja viimeisenä veden käyttö. Tilaajat olivat pääsääntöisesti olleet tyytyväisiä suunnittelijoiden panokseen kohteiden energiatehokkuusasioissa.

Ympäristösertifikaatit olivat hieman yli puolella vastaajista käytössä. Tärkeimmät seikat näiden käyttöön olivat imagokysymykset ja markkina-arvo.

Kestävä rakentaminen ja uusiutuvat energiamuodot olivat tilaajien mielestä erittäin tärkeitä, kaikilla vastaajilla oli jossain kohteessa käytössä aurinkoenergia jossain muodossa.

Ylläpidon huomioiminen rakennuttamisessa oli myös erittäin tärkeä seikka tilaajien mielestä.

4.1.2 Suunnittelijat

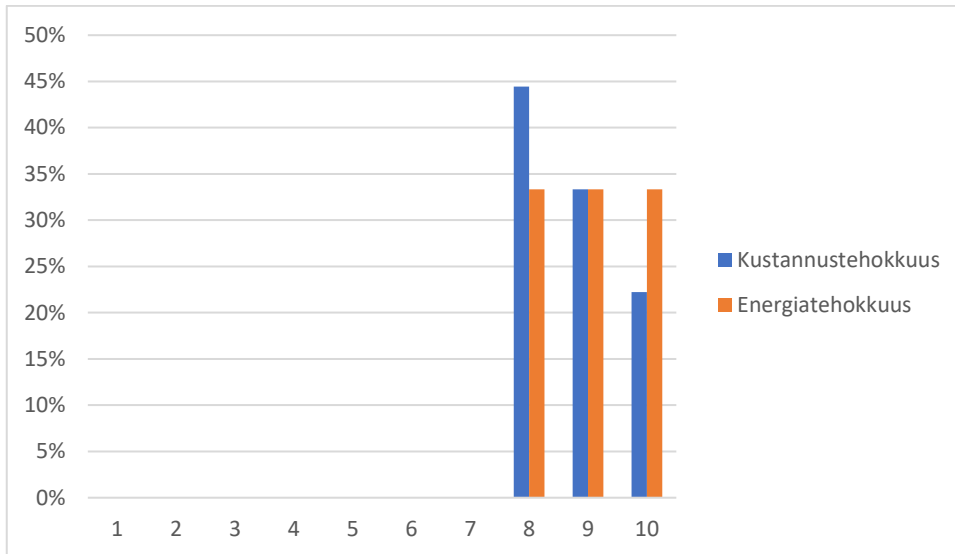
Kyselyjä lähetettiin 12 kpl, vastauksia saatiin 9 kpl. Kysymyksien lukumäärä tässä ryhmässä oli 12 kpl.

Kysymys 1, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeänä pidätte energiatehokkuuden huomioimista rakennuttamisprosessissa?

- Suunnittelijoiden osalta kyselyssä havaittiin, että energiatehokkuuden huomioiminen koettiin tärkeäksi osaksi rakennuttamista, keskiarvoksi asteikolla 1–10, saatiin 9,11.

Kysymys 2, Asteikolla 1-10, Kuinka tärkeänä pidätte alla olevia seikkoja kiinteistöjen rakennuttamisessa?

- kustannustehokkuus
- energiatehokkuus
- Verrattaessa kustannustehokkuutta ja energiatehokkuutta, kustannustehokkuuden keskiarvo oli 8,78 ja energiatehokkuuden ollessa 9,0. Jakauma alla kuvassa 15.

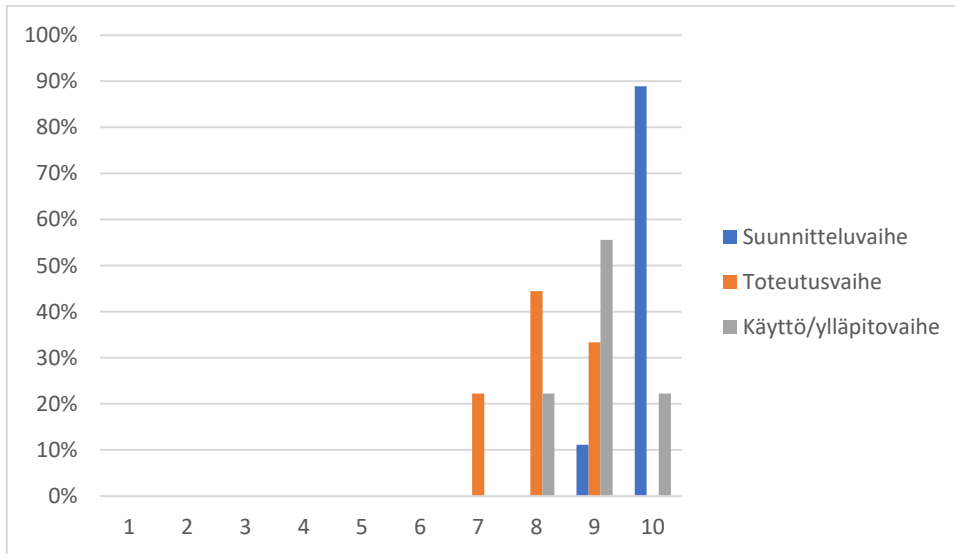


Kuva 15. Jakauma kustannustehokkuuden ja energiatehokkuuden kesken.

Kysymys 3, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeinä pidätte alla olevia rakennuttamisen vaiheita elinkaarikustannus- ja energiatehokkuuden toteutumisen kannalta?

- suunnitteluvaihe
- toteutusvaihe
- käyttö- ja ylläpitovaihe

- Rakennuttamisen eri vaiheista suunnittelijat kokivat tärkeimmäksi suunnitteluvaiheen keskiarvolla 9,89, seuraavana Käyttö/ylläpitovaiheen keskiarvolla 9,0. Toteutusvaihetta ei koettu aivan niin tärkeäksi keskiarvolla 8,11. Jakauma esitetty alla kuvassa 16.

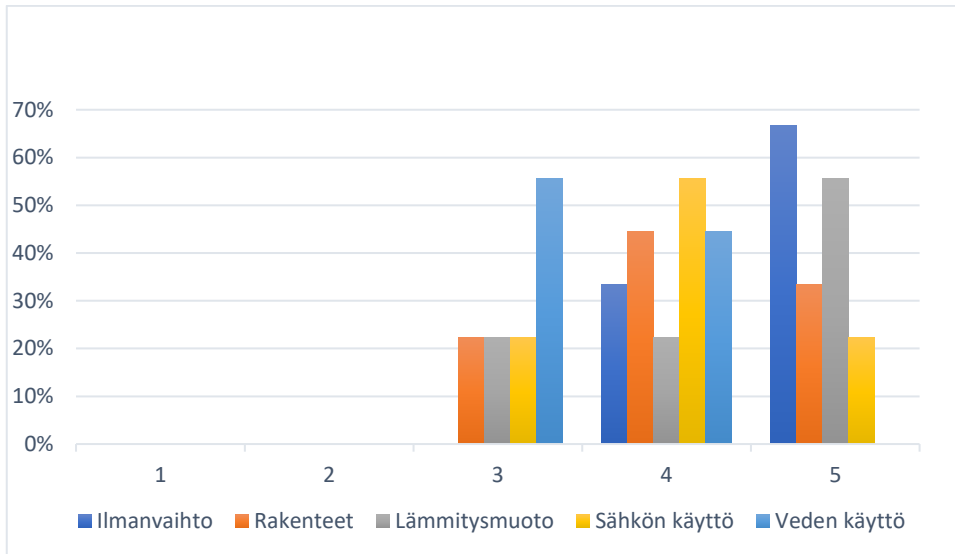


Kuva 16. Jakauma suunnittelu-, toteutus- ja käyttö/ylläpitovaiheen kesken.

Kysymys 4, Asteikolla 1-5, kuinka tärkeinä pidätte alla olevia seikkoja energiatehokkuuden kannalta?

- ilmanvaihto
- rakenteet
- lämmitysmuoto
- sähkön käyttö
- veden käyttö

- Energiatehokkuuteen vaikuttavista seikoista ilmanvaihto, rakenteet, lämmitysmuoto, sähkön käyttö ja veden käyttö, suunnittelijat kokivat asteikolla 1–5, tärkeimmäksi ilmanvaihdon keskiarvolla 4,81. Seuraavina olivat rakenteet 4,47, lämmitysmuoto 4,0, sähkön käyttö 3,41 ja veden käyttö 3,3. Jakauma esitetty alla kuvassa 17.



Kuva 17. Jakauma ilmanvaihdon, rakenteiden, lämmitysmuodon, sähkön käytön ja veden käytön kesken.

Kysymys 5, Ovatko tilaajat yleisesti perillä energiatehokkuusasioista?

- Suunnittelijoiden mielestä tilaajien ymmärrys energiatehokkuusasioista jakaantui tasan kyllä-, jonkin verran- ja eipä juuri- vaihtoehtojen kesken.

Kysymys 6, Oletteko saaneet keskimäärin tilaajan osalta riittävästi tietoa kohteiden energiatehokkuustavoitteista?

- Kysyttäessä suunnittelijoilta ovatko he saaneet keskimäärin tilaajan osalta riittävästi tietoa kohteiden energiatehokkuustavoitteista, vastaukset jakautuivat kyllä- vaihtoehto 67 % ja ei-vaihtoehto 33 %.

Kysymys 7, Asteikolla 1-10, kun tavoitteita asetetaan rakennuksen energiatehokkuudelle, sisäilmastolle ja elinkaarihallinnalle, tarvittaisiin tiivistä yhteistyötä rakennushankkeen eri osapuolten kesken, onko tämä kohteissanne keskimäärin toteutunut?

- Keskimääräinen yhteistyö rakennushankkeiden eri osapuolten kesken rakennusprosessin aikana asteikolla 1–10 sai suunnittelijoilta keskiarvon 7,44.

Kysymys 8, Oletteko kokeneet, että työnantajanne on riittävästi panostanut energiatehokkuusasioiden koulutuksen päivityksiin? Jos vastasitte ei, millaista koulutusta haluaisitte?

- Suunnittelijat olivat tyytyväisiä työnantajansa panostukseen energiatehokkuusasioiden koulutuksen päivityksiin 89 % osuudella.

Kysymys 9, Saavuttaako Suomi mielestänne hallituksen tavoitteen hiilineutraaliudesta vuonna 2035 kiinteistöjen osalta? Jos vastasitte ei, mikä on mielestänne syy tähän?

- Suunnittelijoilta kysyttäessä saavuttaako Suomi hallituksen tavoitteen hiilineutraaliudesta vuonna 2035 kiinteistöjen osalta, ei-vastaus sai 67 % osuuden.

Kysyttäessä syytä tähän, seuraavassa suoria lainauksia suunnittelijoiden vastauksista

- *”En ole tuon asian ammattilainen, mutta poliittiset tavoitteet eivät normaalisti toteudu. Korona vaikeuttanut varmaan myös tilannetta.”*
- *”Tietoisuus asian ääreltä on vielä erikoisosaajien käsissä. Päättäjät eivät ymmärrä asioita, eivätkä niiden kustannusvaikutuksia. Halvin tarjous edellä mennään aina ja niissä on usein näennäisiä energiatehokkuusratkaisuita, jotka eivät oikeasti tehosta mitään.”*
- *”Kyllä ja ei. Tähän liittyy mielestäni, miten rakentamiseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjeet seuraavat tavoitetta. Energiantuotannolla (kaukolämpö, uusiutuvat energiat) on oleellinen merkitys tavoitteiden saavuttamiseksi, mutta iso merkitys on myös rakentamisen ja käytönaikaisilla asioilla. Suunnittelun näkökulmasta vaikutus kohdistuu kiinteistön käytönaikaiseen energian kulutukseen, johon rakentamiseen liittyvällä lainsäädännöllä ja ohjeilla on mielestäni isompi merkitys kuin tilaajan/rakentajan energiatavoitteilla. Kun minimi taso (määräykset ja ohjeet) on riittävän ”korkea” energiatehokkuuden näkökulmasta, niin tämä ajaa väkisin energiatehokkaisuun ratkaisuihin suunnitteluvaiheessa.”*

- ” Vanhoihin rakennuksiin ei tehdä riittäviä toimenpiteitä ”
- ” Suuressa mittakaavassa investoinnit liian pieniä. ”
- ” En oikein tunne tavoitteita, joten vaikea arvioida asiaa. ”

Kysymys 10, Miten hallituksen hiilineutraaliustavoite on mielestänne vaikuttanut energiatehokkaan kiinteistön suunnitteluun?

- Kysymykseen miten tämä hiilineutraaliustavoite vaikuttanut energiatehokkaan kiinteistön suunnitteluun, seuraavassa suoria lainauksia vastauksista:
 - ”Hiilitarkastelut ovat tulleet osaksi suunnitteluprosessia.”
 - ”Ei mielestäni ole ollut vaikutusta päättäjiin. Kyllä energiatehokas (=säästöä käyttökustannuksissa) on kiinnostanut aina, jos se on ollut myös kokonaistaloudellisesti järkevää.”
 - ”Tilaaapuolen tietoisuus ei ole riittävä, kustannuspainotteisesti hankkeissa mennään edelleen.”
 - ”Aika vähän. Missään, nyt käynnissä olevissa kohteissa, ei ole energiatehokkuutta tai hiilineutraaliustavoite ole käsitelty hallituksen v. 2035- tavoitteiden pohjalta. Asuinkiinteistöissä lähtökohtaisesti edetään energia-asioissa (E-luku) määräyksien minimi tasojen mukaan, mutta toimisto- ja liikekiinteistöissä energiatavoitteissa pyritään saamaan ympäristöluokitus (LEED, BREAM). Olen ymmärtänyt, että näissä kiinteistöissä on ympäristöluokituksella tarkoitus tehdä kiinteistö houkuttelevammaksi mahdollista myyntiä varten, varsinkin ulkomaalaista- omisteisia kiinteistösi- joitusyhtiöiden näkökulmasta. Näillä ympäristöluokituksilla (nimenomaan kansainvälisillä LEED, BREAM) on tärkeä merkitys näille yhtiöille. Suomalainen RTS-ympäristöluokitus on ehkä energiatehokkuuden kannalta parempi, mutta tällä hetkellä on vain yksi kohde (kaupungin) suunnitteilla, jossa on RTS-luokitus tavoitteena.”
 - ”Rakennukset siirtyvät yhä enemmän maalämmön käyttöön”
 - ”Energiatehokkuusmääräykset, hiilijalanjälkilaskenta”
 - ”Ei oikeastaan millään tavalla.”

- ”Koko ajan enemmän energia- ja elinkaariaisioihin liittyviä tavoitteita jo tarjouspyynnössä ja suunnittelun ohjauksen asiakirjoissa”

Kysymys 11, Onko suunnittelukohteissanne keskimäärin tilaaja ja loppukäyttäjä olleet ns. samoilla linjoilla? Jos vastasitte ei tai joskus, niin missä on mielestänne ns. mättänyt?

- Kysymykseen onko suunnittelukohteissanne keskimäärin tilaaja ja loppukäyttäjä olleet ns. samoilla linjoilla, suunnittelijoiden mielestä 56 % osuudella kyllä ja 44 % osuudella ei.
- Kysymykseen onko suunnittelijoiden mielestä loppukäyttäjä otettu riittävästi huomioon rakennuttamisprosessissa, suunnittelijat vastasivat:
 - ”Aika vähän, varsinkin kohteen energiatehokkuuteen liittyviä asioita on käsitelty yhdessä. Tähän tietenkin vaikuttaa mistä kohteesta on kyse (asuinkerrostalo vai toimisto/liikekiinteistö). Toimisto- ja liikekiinteistöissä asia on paremmin, koska loppukäyttäjällä on monesti intressejä ympäristöluokitusten suhteen. Näissä kohteissa on monesti myös käyttäjän palkkaama ulkopuolinen konsultti, joka toimii tiedonvälittäjänä tilaajan ja loppukäyttäjän välillä.”
 - ”Riippuu hyvin paljon kohteesta. Esim. kauppakeskushankkeissa/toimistohankkeissa käyttäjä = vuokralainen, jota kohteen energiankäyttö ei paljoakaan kiinnosta. Jos taas loppukäyttäjällä tarkoitetaan investoria, on se usein hyvin tietoinen energiankulutuksesta ja ympäristöluokituksista ja osaa niitä vaatia.”
 - ”Joskus intressit ovat ristiriidassa. Kustannustehokkuus toteutuksessa ja haluttu laatuaso.”

Kysymys 12, sana on vapaa - osiossa suunnittelijat vastasivat seuraavaa:

”Markkinoilla on liikaa tällä hetkellä muka-osaajia. Kaupitellaan kaikenlaista ratkaisua energiatehokkaina. Näissä on osassa jopa asetuksia ja ohjeita vasten tehty ratkaisuita, joilla rakennuksen elinkaari loppujen lopuksi lyhenee ja jopa terveydelle vaarallisia ratkaisuita.”

Yhteenvedona suunnittelijoiden haastatteluista, voidaan mainita, että verrattaessa kustannustehokkuutta ja energiatehokkuutta rakennuttamisessa, energiatehokkuus nousi tärkeämmäksi seikaksi. Rakennuttamisen eri vaiheista suunnittelijat kokivat tärkeimmiksi suunnitteluvaiheen sekä Käyttö- ja ylläpitovaiheen.

4.1.3 Kiinteistöpäälliköt

Kyselyjä lähetettiin 6 kpl, vastauksia saatiin 3 kpl. Kysymyksien lukumäärä tässä ryhmässä oli 15 kpl.

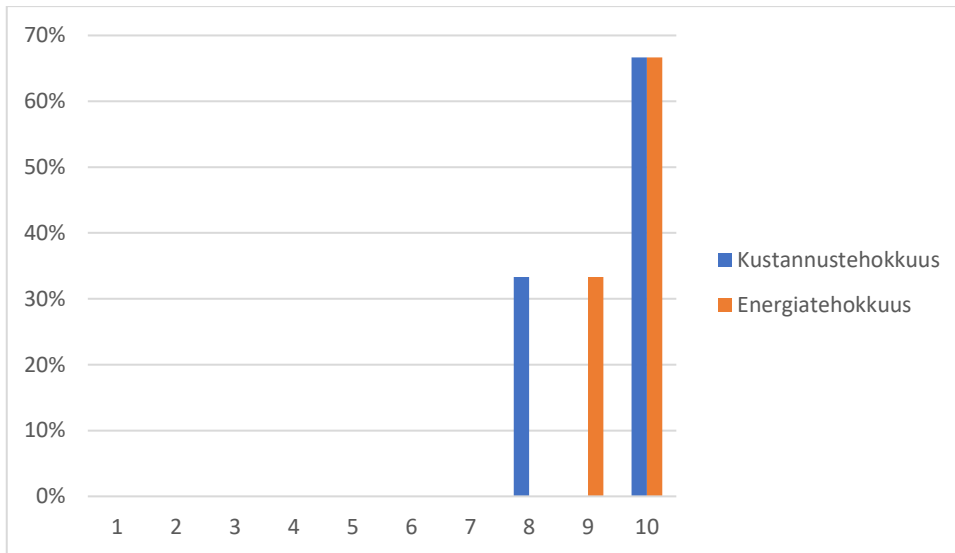
Kysymys 1, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeänä pidätte energiatehokkuuden huomioimista rakennuttamisprosessissa?

- Myös kiinteistöpäälliköiden osalta kyselyssä havaittiin, että energiatehokkuuden huomioiminen koettiin tärkeäksi osaksi rakennuttamista, keskiarvoksi asteikolla 1-10, saatiin 9,0,

Kysymys 2, Asteikolla 1-10, Kuinka tärkeänä pidätte alla olevia seikkoja kiinteistöjen rakennuttamisessa?

- kustannustehokkuus
- energiatehokkuus

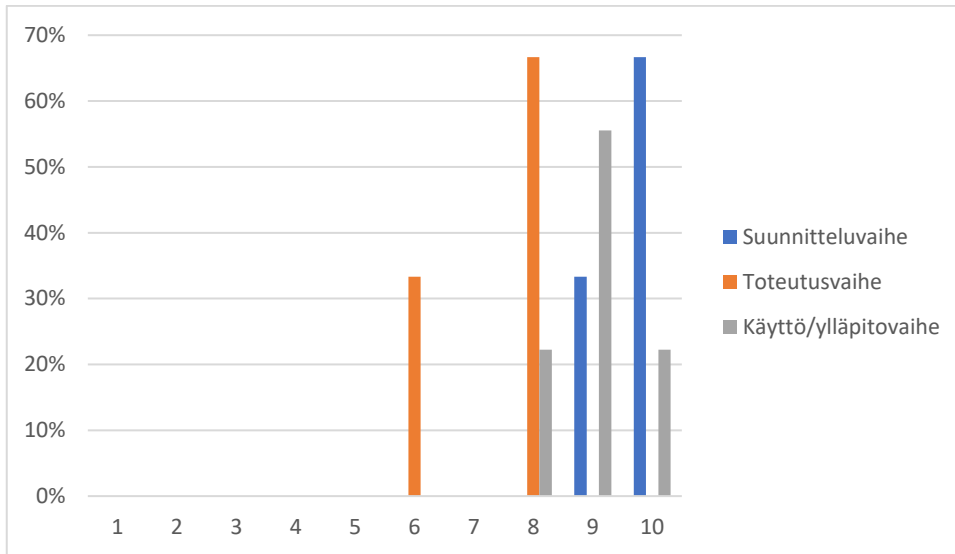
- Verrattaessa kustannustehokkuutta ja energiatehokkuutta, kustannustehokkuuden keskiarvo oli 9,33 ja energiatehokkuuden ollessa 9,67. Jakauma esitetty alla kuvassa 18.



Kuva 18. Jakauma kustannustehokkuuden ja energiatehokkuuden kesken.

Kysymys 3, Asteikolla 1-10, kuinka tärkeinä pidätte alla olevia rakennuttamisen vaiheita elinkaarikustannus- ja energiatehokkuuden toteutumisen kannalta?

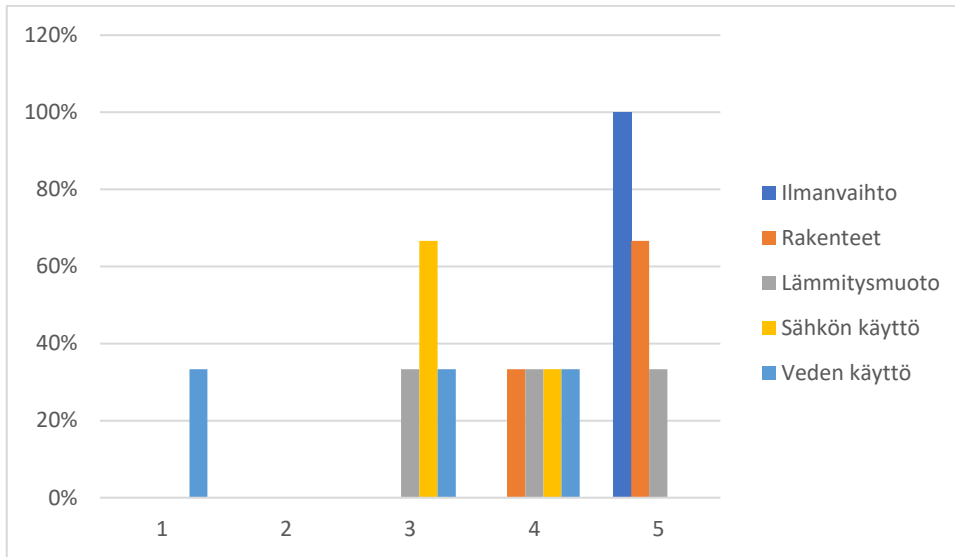
- suunnitteluvaihe
 - toteutusvaihe
 - käyttö- ja ylläpitovaihe
- Rakennuttamisen eri vaiheista kiinteistöpäälliköt kokivat tärkeimmäksi suunnitteluvaiheen keskiarvolla 9,67, seuraavana Käyttö/ylläpitovaiheen keskiarvolla 9,33. Toteutusvaihetta ei koettu aivan niin tärkeäksi keskiarvolla 7,33. Jakauma esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Jakauma suunnittelu-, toteutus- ja käyttö/ylläpitovaiheen kesken.

Kysymys 4, Asteikolla 1-5, kuinka tärkeinä pidätte seuraavia rakennuttamisen vaiheita elin-
kaarikustannus- ja energiatehokkuuden toteutumisen kannalta?

- ilmanvaihto
 - rakenteet
 - lämmitysmuoto
 - sähkön käyttö
 - veden käyttö
- Energiatehokkuuteen vaikuttavista seikoista ilmanvaihto, rakenteet, lämmitysmuoto, sähkön käyttö ja veden käyttö, kiinteistöpäälliköt kokivat asteikolla 1–5 tärkeimmäksi ilmanvaihdon keskiarvolla 5,0. Seuraavina olivat rakenteet 4,67, lämmitysmuoto 4,0, sähkön käyttö 3,33 ja veden käyttö 2,67. Jakauma esitetty alla kuvassa 20.



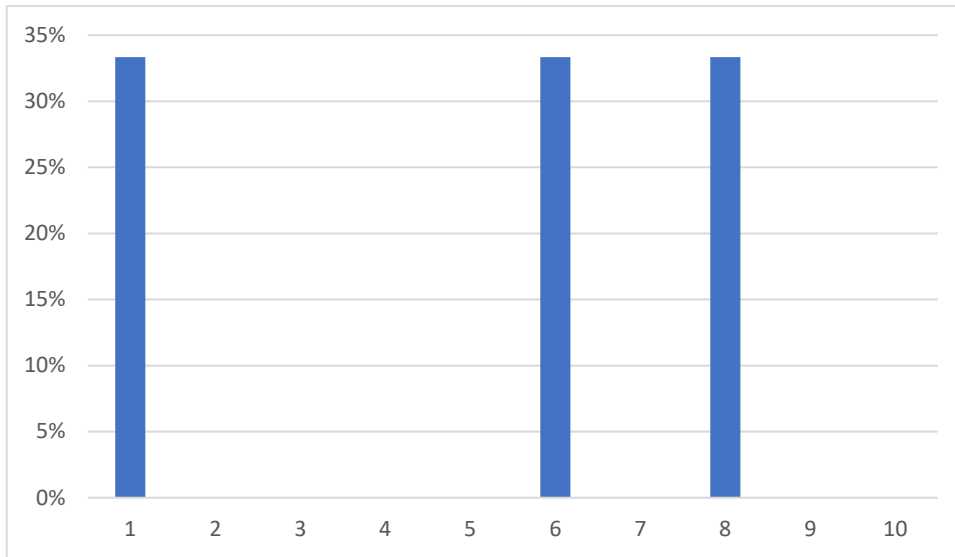
Kuva 20. Jakauma ilmanvaihdon, rakenteiden, lämmitysmuodon, sähkön käytön ja veden käytön kesken.

Kysymys 5, Asteikolla 1-10, keskimäärin kuinka lähellä kiinteistöjenne energiankulutus on ollut suunnitteluarvojen mukaista?

- Kysyttäessä ovatko kiinteistöjen energiakulutukset suunnitteluarvojen mukaisia, keskiarvoksi saatiin 7,0.

Kysymys 6, asteikolla 1-10, miten ovat keskimäärin toimineet urakoitsijoiden takuuajan huollot ja -korjaukset kiinteistöissänne talotekniikan osalla?

- Kysymykseen, asteikolla 1–10, miten ovat keskimäärin toimineet urakoitsijoiden takuuajan huollot ja korjaukset kiinteistöissä talotekniikan osalla, saatiin vastauksien keskiarvoksi 5,0. Jakauma esitetty kuvassa 21.



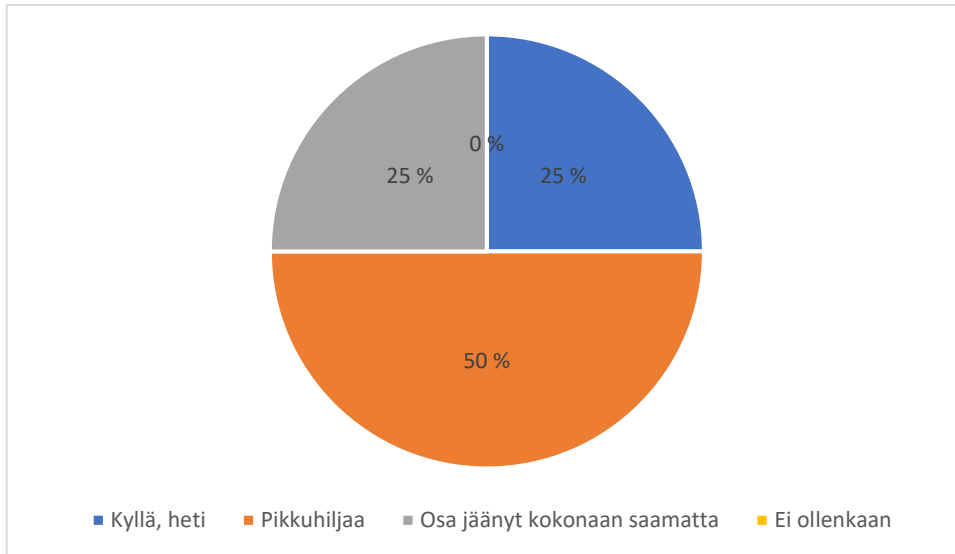
Kuva 21. Jakauma takuuhuoltojen ja korjausten toteutumisesta.

Kysyttäessä mahdollisia syitä, saatiin vastauksiksi:

- ”Sopimuksissa ei ole huomioitu esimerkiksi hyvin takuu-aikaa - urakka asiakirjoissa on ristiriitaisuuksia ja vajavuuksia”
- ”Urakka-asiakirjoissa ei ole määritelty hintaa takuuajan huolloille tai sisältöä, jää tilaamatta jää tekemättä”
- ”Takuuajan korjaukset/huollot eivät ole urakoitsijan prio-listalla liki ollenkaan”
- ”Urakoitsijalla ei ole ylläpito toimintaa/ammattitaitoa ylläpitoon”
- ”Urakoitsija reagoi hitaasti, jos laisinkaan käyttäjäpalautteisiin”
- ”Takuuajan huolloilla pahimmillaan peitellään tai vain vahingossa peittyvät isommat kiinteistö ongelmat”

Kysymys 7, Oletteko keskimäärin saaneet kaikki kiinteistöenne luovutusasiakirjat käyttöönnne vastaanoton jälkeen?

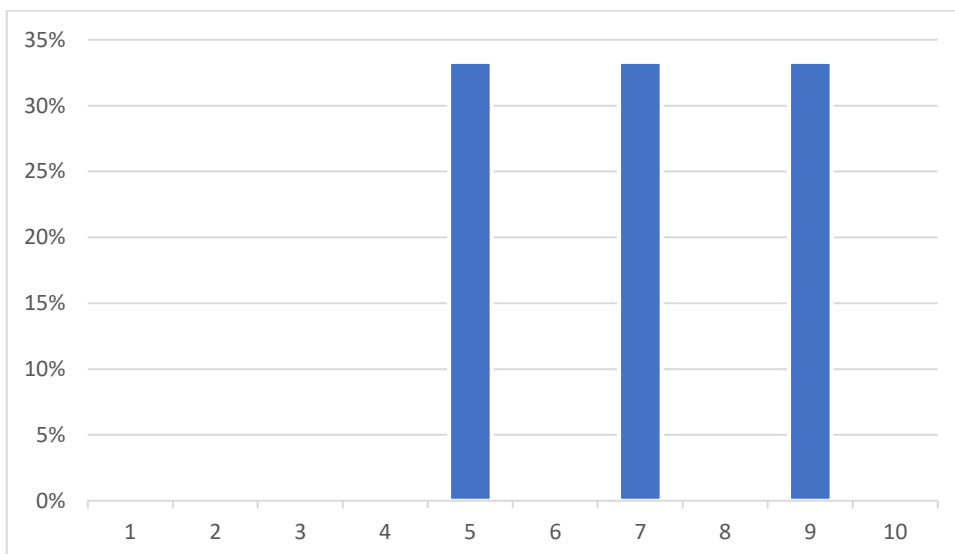
- Kysymykseen, onko kiinteistöihin saatu kaikki luovutusasiakirjat vastaanoton jälkeen, saatiin seuraavat vastaukset: pikkuhiljaa, 50 %, kyllä, heti, 25 % ja osajäänyt kokonaan saamatta 25 %. Jakauma esitetty alla kuvassa 22.



Kuva 22. Jakauma luovutusasiakirjojen toimittamisesta.

Kysymys 8, Oletteko olleet keskimäärin tyytyväisiä kiinteistöissänne kiinteistöhuollon toimintaan talotekniikan osalta? Jos annoitte 5 tai alle, voisitteko kertoa syyn?

- Kiinteistöhuollon toiminnan tyytyväisyyden asteikolla 1–10 talotekniikan osalta, vastaukseksi saatiin keskiarvo 7,0. Jakauma esitetty alla kuvassa 23.



Kuva 23. Jakauma taloteknisten huoltojen toiminnasta.

Suora lainaus Syystä tyytymättömyyteen vastaajien mielestä:

”Keskiverto huoltomiehen aika ja osaaminen ei millään riitä nykypäivän tekniikan ylläpidossa.”

Kysymys 9 ja 10, Onko kiinteistöissänne käytössä huoltokirja ja kuinka tärkeänä koette huoltokirjan?

- Huoltokirja on käytössä kaikilla vastaajilla ja sen tärkeydeksi asteikolla 1–10 koettiin keskiarvo 9,67.

Kysymys 11, Onko kiinteistöissänne vastaanottovaiheessa urakoitsijoiden käytönopastukset olleet keskimäärin riittäviä?

- Kiinteistöjen vastaanottovaiheessa urakoitsijoiden antama käytönopastus koettiin riittämättömäksi. Ei-vastauksia oli 100 % vastaajista.

Kysymys 12, Kuinka tärkeänä pidätte ylläpidon huomioimista rakennuttamisessa?

- Kysyttäessä kuinka tärkeänä kiinteistöpäälliköt kokevat ylläpidon huomioimista rakennuttamisessa asteikolla 1–10, saatiin vastaukseksi keskiarvo 10.

Kysymys 13, Miten koette, että se on todellisuudessa huomioitu?

- Tähän liittyen kysyttiin, että miten he kokevat, että se on todellisuudessa huomioitu asteikolla 1–10, saatiin vastaukseksi keskiarvo 5,0.

Kysymys 14, Asteikolla 1-10, ovatko kiinteistöt olleet keskimäärin valmiita vastaanottovaiheessa?

- Kiinteistöjen valmiusasteeksi vastaanottovaiheessa, asteikolla 1–10, saatiin keskiarvo 7,67.

Kysymys 15, Sana on vapaa- osion suorina lainauksia:

- *”Ylläpito ja rakentaminen ovat liian eriytyneitä - ylläpito organisaation osaamista ja kokemusta ei oteta riittävästi huomioon suunnittelussa”*
- *”Urakoitsijan käyttöönoton opastus ei saisi olla suullista tietoa nykyaikana - vastaanotossa pitäisi panostaa oikeisiin henkilöihin Takuuajan jälkeen pitäisi olla uusi vastaanotto kierros, jolloin urakoitsija luovuttaa kohteen kiinteistölle”*
- *”Normaali valvonta ei riitä rakennushankkeen eri osa-alueiden valvontaan, joten tilaaja joutuu hankkimaan ylimääräistä valvontaa erityisesti talotekniikan asennusten ja toimivuuden varmistamiseksi.”*

Yhteenvedona Kiinteistöpäälliköiden haastatteluista voidaan mainita, että he kokevat suunnittelun ja kiinteistön ylläpidon erittäin tärkeäksi.

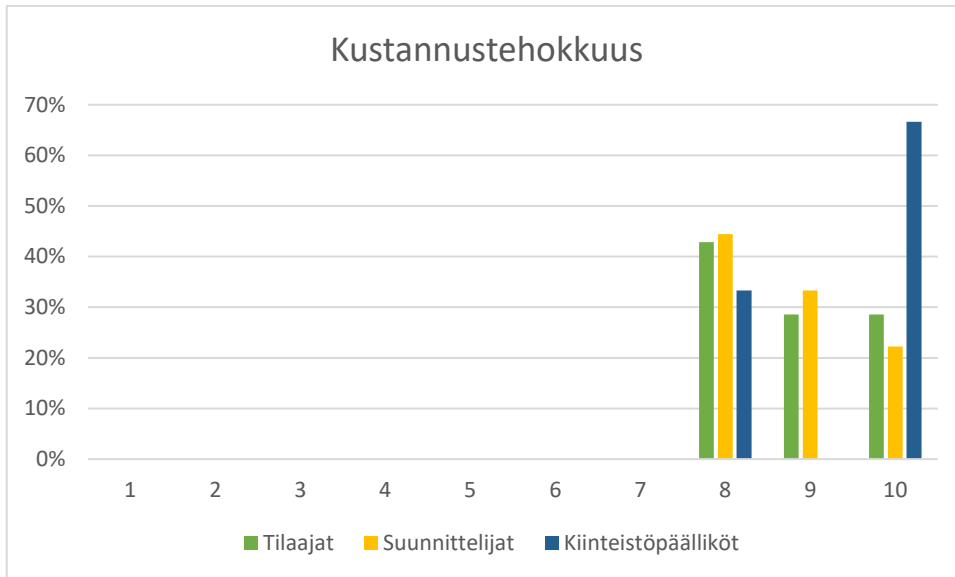
Huoltokirja on käytössä kaikilla vastaajilla, ja se koetaan erittäin tärkeäksi. Urakoitsijoiden käytönopastukset, takuuhuollot ja muutenkin urakan luovutuksen jälkeisen toiminnan kiinteistöpäälliköt kokevat riittämättömäksi.

Kiinteistöpäälliköt kokevat myös, että ylläpitoa ei ole rakennuttamisprosessissa huomioitu riittäväällä tasolla.

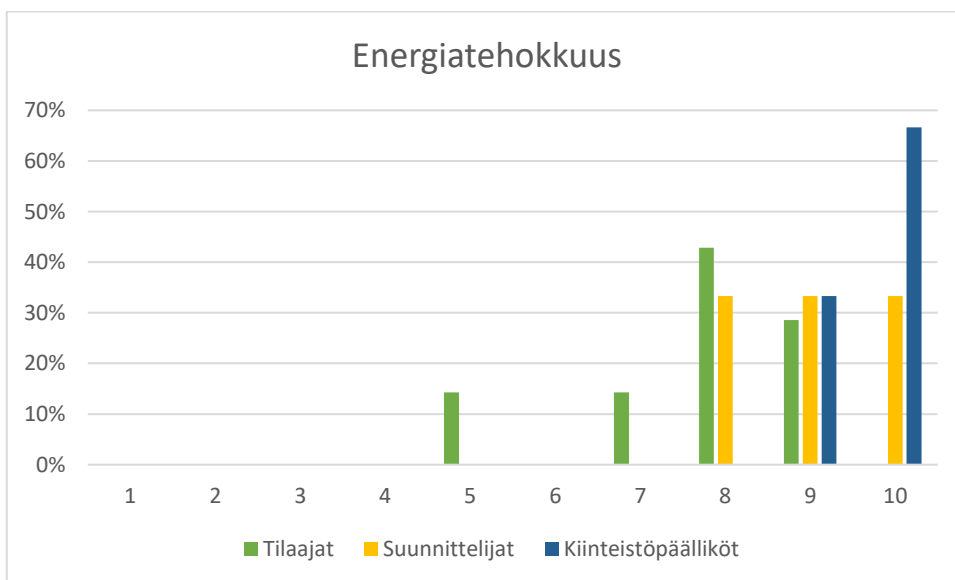
Rakentaminen ja ylläpito ovat muutenkin kiinteistöpäälliköiden mielestä liian eriytyneitä.

4.2 Yhteenvedo haastatteluista

Verrattaessa kustannustehokkuutta ja energiatehokkuutta, kuvista 24 ja 25 voidaan havaita, että rakennuttamisessa tilaajat arvostivat enemmän kustannustehokkuutta, suunnittelijat molempia suunnilleen yhtä paljon ja kiinteistöpäälliköt energiatehokkuutta.

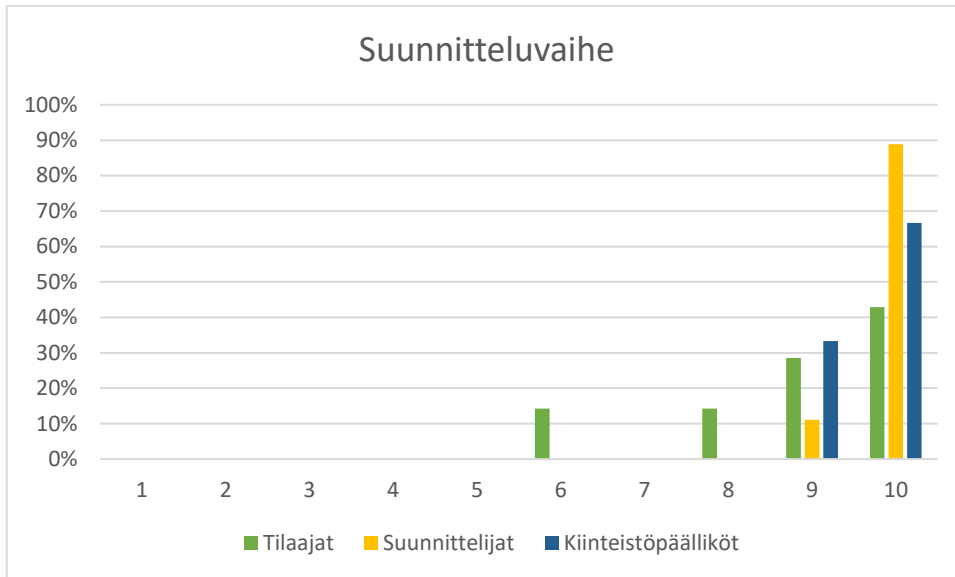


Kuva 24. Kustannustehokkuuden arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.

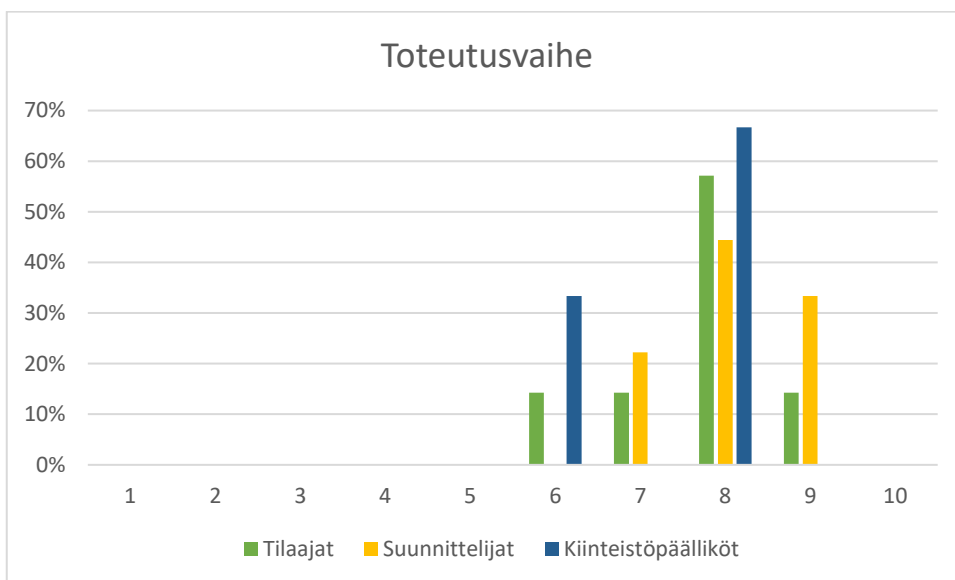


Kuva 25. Kustannustehokkuuden arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.

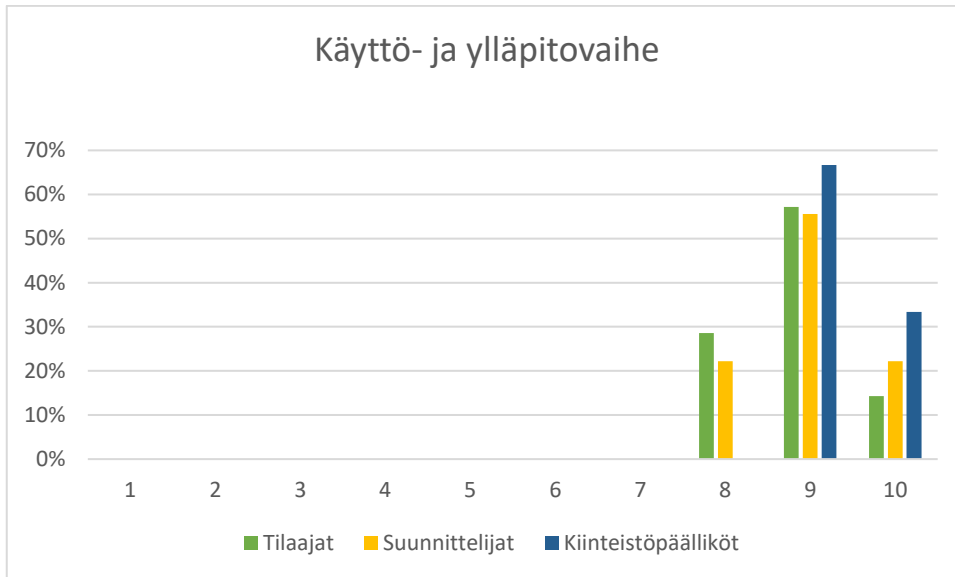
Verrattaessa suunnitteluvaiheen, toteutusvaiheen ja ylläpitovaiheen tärkeyttä, kuvista 26, 27 ja 28 voidaan havaita, että kaikille osapuolille suunnittelu- ja ylläpitovaihe olivat toteutusvaiheita tärkeämpiä.



Kuva 26. Suunnitteluvaiheen arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.

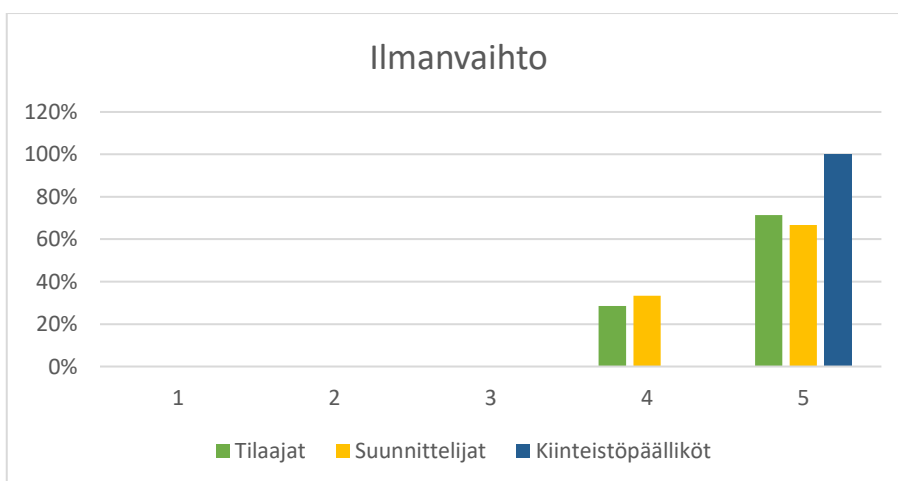


Kuva 27. Toteutusvaiheen arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.

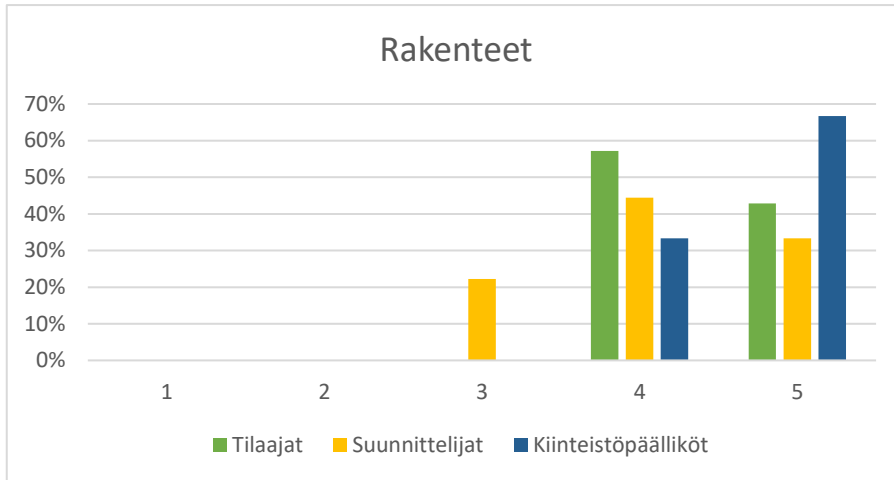


Kuva 28. Käyttö- ja ylläpitovaiheen arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.

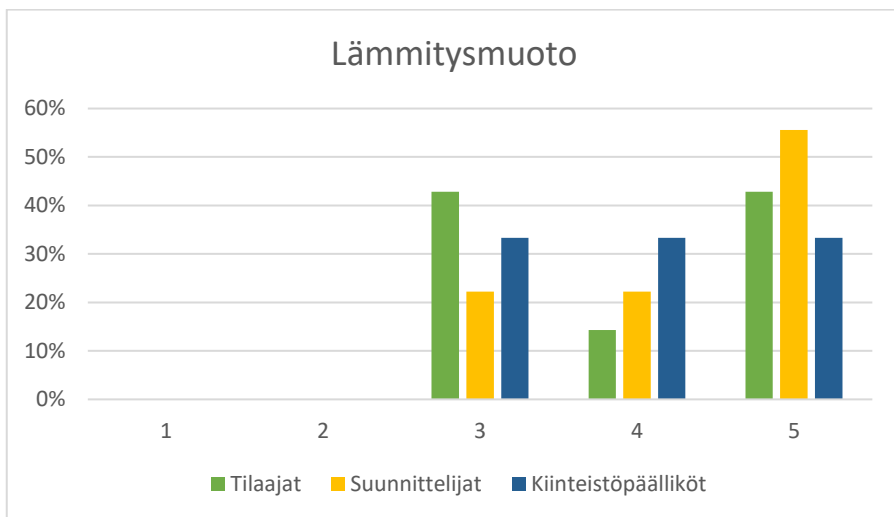
Verrattaessa energiatehokkuuteen vaikuttavia seikkoja, ilmanvaihtoa, rakenteita, lämmitysmuotoa, sähkön käyttöä ja veden käyttöä havaittiin kuvien 29, 30, 31, 32 ja 33 mukaisesti, että kaikilla osapuolilla oli yhteneväiset mielipiteet eli osapuolet kokivat tärkeimmäksi ilmanvaihdon, seuraavina olivat rakenteet, lämmitysmuoto, sähkön käyttö ja veden käyttö.



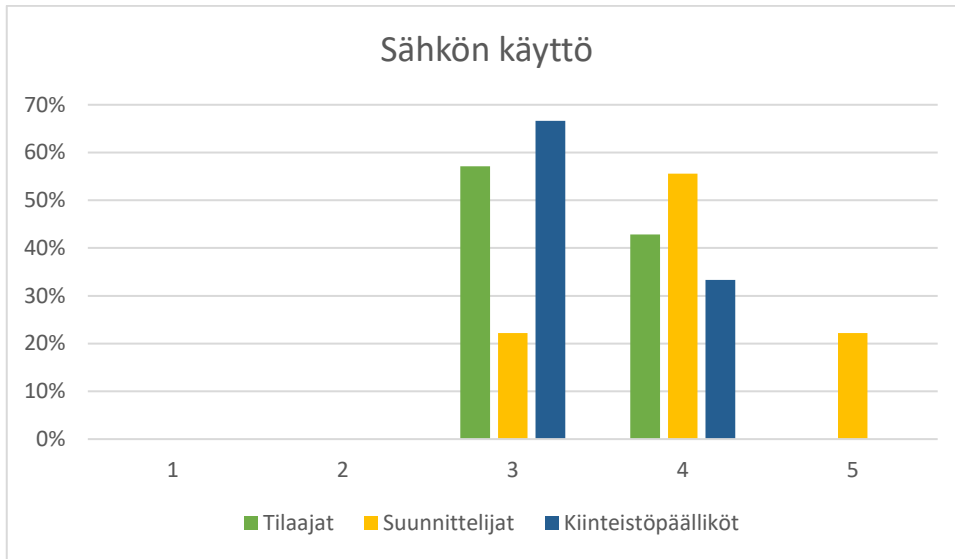
Kuva 29. Ilmanvaihdon arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.



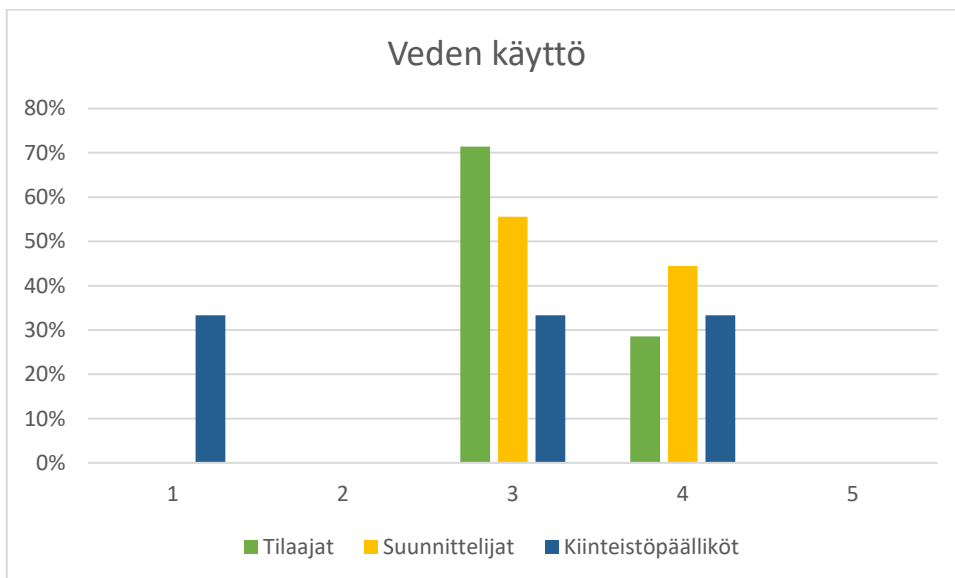
Kuva 30. Rakenteiden arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.



Kuva 31. Lämmitysmuodon arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.



Kuva 32. Sähkön käytön arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.



Kuva 33. Veden käytön arvostus tilaajien, suunnittelijoiden ja kiinteistöpäällikköjen kesken.

4.3 TUTKITTAVAT KIINTEISTÖT

Tutkittavissa kiinteistöissä lämmitysmuotona on kaukolämpö.

Kiinteistöjen kulutustiedot saatiin Tampuuri -tietopalvelusta erään yhden suuren kiinteistö-sijoittajan kohteista.

Tutkimuksessa tutkittiin kiinteistöjen lämpöenergian- ja sähkön ominaiskulutuksia ja verrattiin niitä Tampuuri-tietopalvelun kaikkien vastaavien kohteiden kulutuksiin sekä Motivan energiakatselmustietokannasta kerättyihin ominaiskulutustietoihin.

Lämpöenergia

Rakennuksen lämpöenergia muodostuu ulkopuolelta ostetusta energiasta, auringon lämpöenergiasta, ihmisten ja laitteiden tuottamasta lämpöenergiasta sekä mahdollisesta paikallisesti tuotetusta energiasta kuten esimerkiksi maalämmöstä. Lisäksi kiinteistössä tapahtuu lämpöhäviöitä mm. rakenteiden ja ilmanvaihdon kautta. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki kiinteistön lämpöhäviöiden muodostumisesta. Suurin osa kiinteistön lämpöenergiasta menee tyypillisesti hukkaan ilmanvaihdon kautta, mikäli kiinteistössä ei ole poistoilman lämmöntalteenottoa. Lisäksi energiaa hukkaantuu kiinteistön rakenteiden läpi johtumishäviöinä. Noin 15-20 % lämpöenergiasta kuluu käyttöveden lämmitykseen, mikä tarkoittaa sitä, että osa lämmitysenergiasta huuhdotaan viemäriin (Virta et al., 2011).

Lämpöindeksi kertoo, kuinka paljon tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen on käytetty lämmitysenergiaa rakennuskuutiometriä kohden.

Lämpöindeksi on lämmitystarveluvulla sääkoryttu eli normeerattu vastaamaan keskimääräisiä säätietoja. Sääkoryttuun avulla saatetaan eri vuosien kulutustiedot keskenään vertailukelpoisiksi.

Vuonna 2019 lämpötilakorjattu ominaislämmönkulutus kaukolämmitetyissä rakennuksissa oli 36,0 kWh/m³ (118,9 kWh/m²), arvo sisältää myös lämpimän käyttöveden tuotannon. (Energiatoteellisuus, kaukolämpötilasto 2019).

Sähkönenergia

Sähköenergian kulutus jaetaan usein toisaalta rakennuksen olemassaoloon ja ylläpitoon tarvittavaan ns. kiinteistösähköön (esimerkiksi yleisten tilojen valaiseminen, teknisten järjestelmien käyttöön kuluva sähkö) ja toisaalta käyttäjän toiminnasta aiheutuvaan sähkönkulutukseen, ns. käyttäjäsähköön. Vastuu kustannuksista osapuolten välillä vaihtelee. Kiinteistösähkö kuuluu usein rakennuksen omistajan vastuulle ja käyttäjäsähkö käyttäjille. Näiden kahden erottelu ei kuitenkaan ole aina mahdollista tai tarkoituksenmukaista. Usean käyttäjän kohteissa omistajilla ei useinkaan ole myöskään mahdollisuuksia seurata käyttäjien sähkönkulutusta, eikä päinvastoin. Näin kummallakaan osapuolella ei välttämättä – ilman erityisesti sovittua yhteistyötä – ole luontevaa pääsyä kokonaiskulutusta koskeviin tietoihin. (Kaleva et al., 2011).

4.3.1 Asuinkerrostalot

Tutkittavia kiinteistöjä oli 12 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuosien 2016-2019 välisenä aikana. Kiinteistöt sijaitsivat Helsingissä, Hyvinkäällä, Hämeenlinnassa, Joensuussa, Rovaniemellä, Tampereella Vantaalla. Lämmitysmuotona kiinteistöissä on kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla.

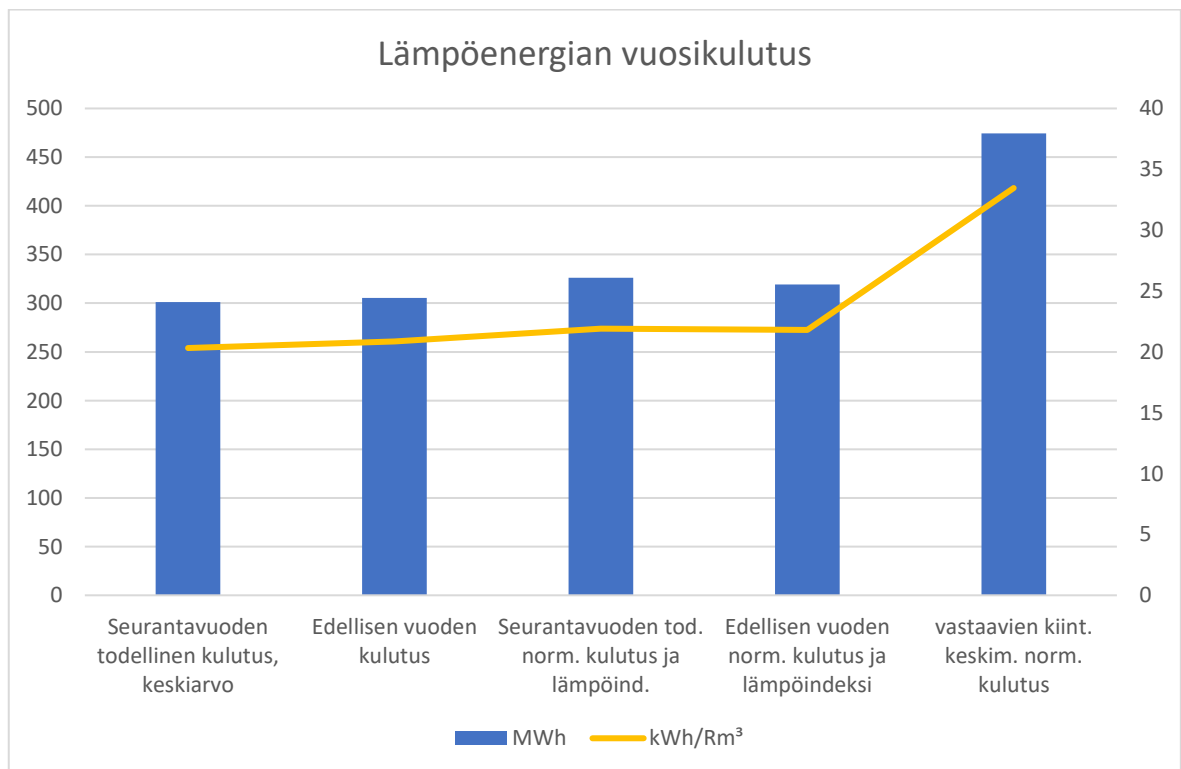
Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 11 689-26 620 Rm³.

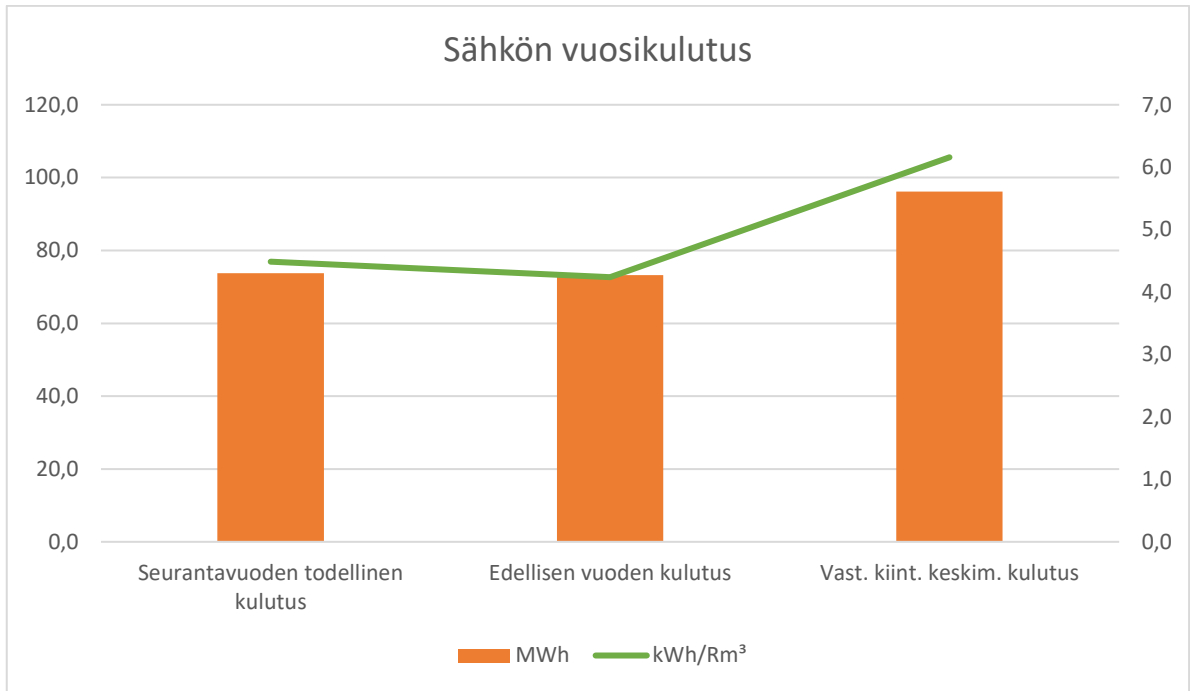
Taulukossa 2 on esitetty tutkittavien asuinkerrostalojen kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

Taulukko 2. Asuinkerrostalojen lämpöenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	301	20
Edellisen vuoden kulutus	305	21
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	326	22
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	319	22
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	474	33

Tutkittavien asuinkerrostalojen kohdalla havaittiin kuvien 34 ja 35 mukaisesti, että lämpö- ja sähköenergian kulutukset olivat kahtena edellisvuotena olleet selkeästi alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia.

**Kuva 34.** Asuinkerrostalojen lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 35. Asuinkerrostalojen sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 3 on esitetty asuinkerrostalojen kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 3. Asuinkerrostalojen sähköenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus	73,7	4,5
Edellisen vuoden kulutus	73,2	4,2
Vast. kiint. keskim. kulutus	96,2	6,2

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoituivat välille 20,1-59,6 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 2,12-9,88 kWh/Rm³.

4.3.2 Rivitalot

Tutkittavia kiinteistöjä oli 6 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuosien 2016-2019 välisenä aikana. Kiinteistöt sijaitsivat Espoossa, Järvenpäässä, Oulussa ja Helsingissä.

Lämmitysmuotona kiinteistöissä on kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla.

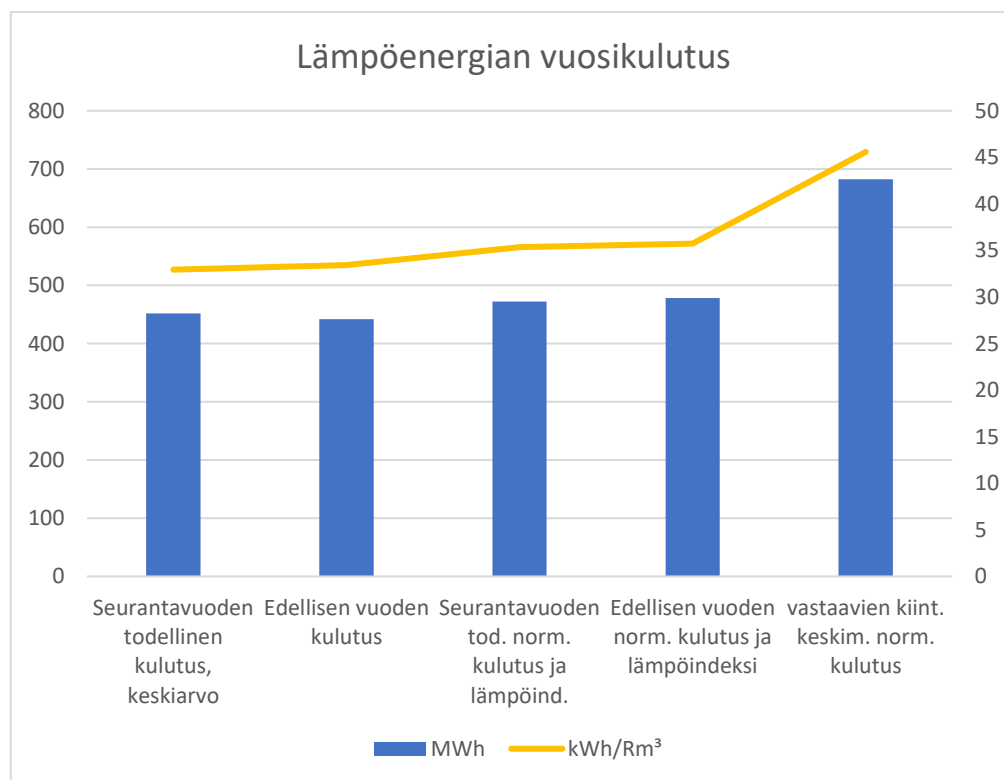
Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 7 716-10 080 Rm³.

Alla taulukossa 4 on tutkittavien rivitalojen kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

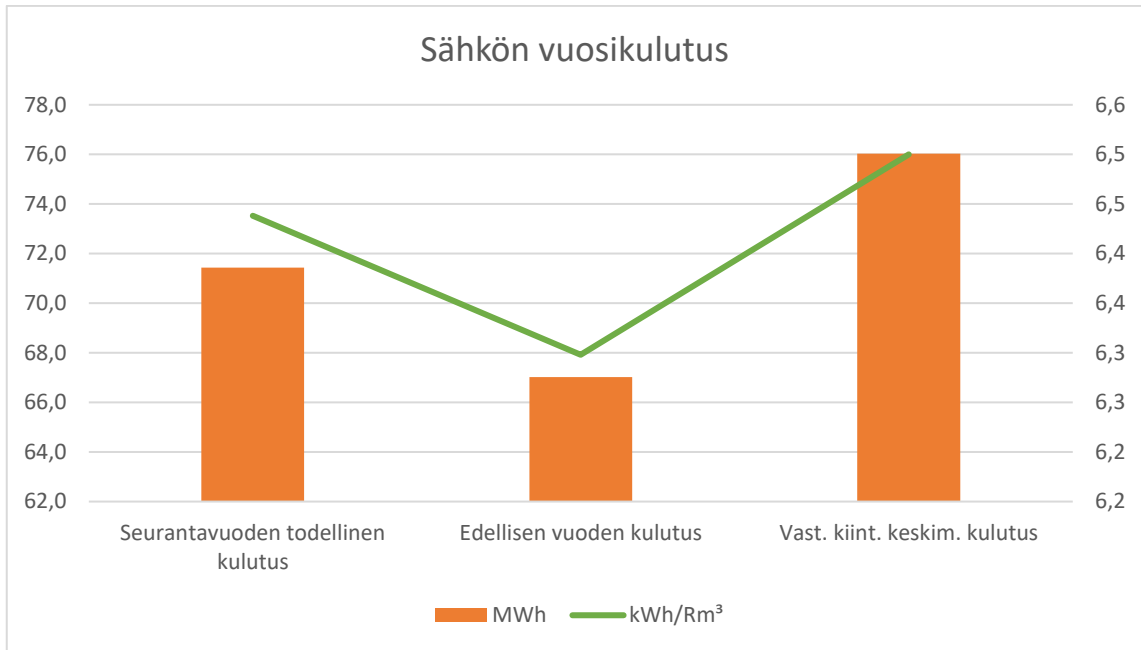
Taulukko 4. Rivitalojen lämpöenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	452	33
Edellisen vuoden kulutus	442	33
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	472	35
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	478	36
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	682	46

Tutkittavien rivitalojen kohdalla havaittiin kuvien 36 ja 37 mukaisesti, että lämpö- ja sähköenergian kulutukset olivat kahtena edellisvuotena olleet selkeästi alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia.



Kuva 36. rivitalojen lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 37. Rivitalojen sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 5 on esitetty rivitalojen kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 5. Rivitalojen sähköenergian kulutukset.

	<u>MWh</u>	<u>kWh/Rm³</u>
Seurantavuoden todellinen kulutus	71,4	6,4
Edellisen vuoden kulutus	67,0	6,3
Vast. kiint. keskim. kulutus	76,0	6,5

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoittuivat välille 26,7-52,1 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 0,5-12,98 kWh/Rm³.

4.3.3 Kauppakeskukset

Tutkittavia kiinteistöjä oli 2 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuosina 2016 ja 2017. Kiinteistöt sijaitsivat Espoossa ja Helsingissä. Lämmitysmuotona kiinteistöissä on kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla.

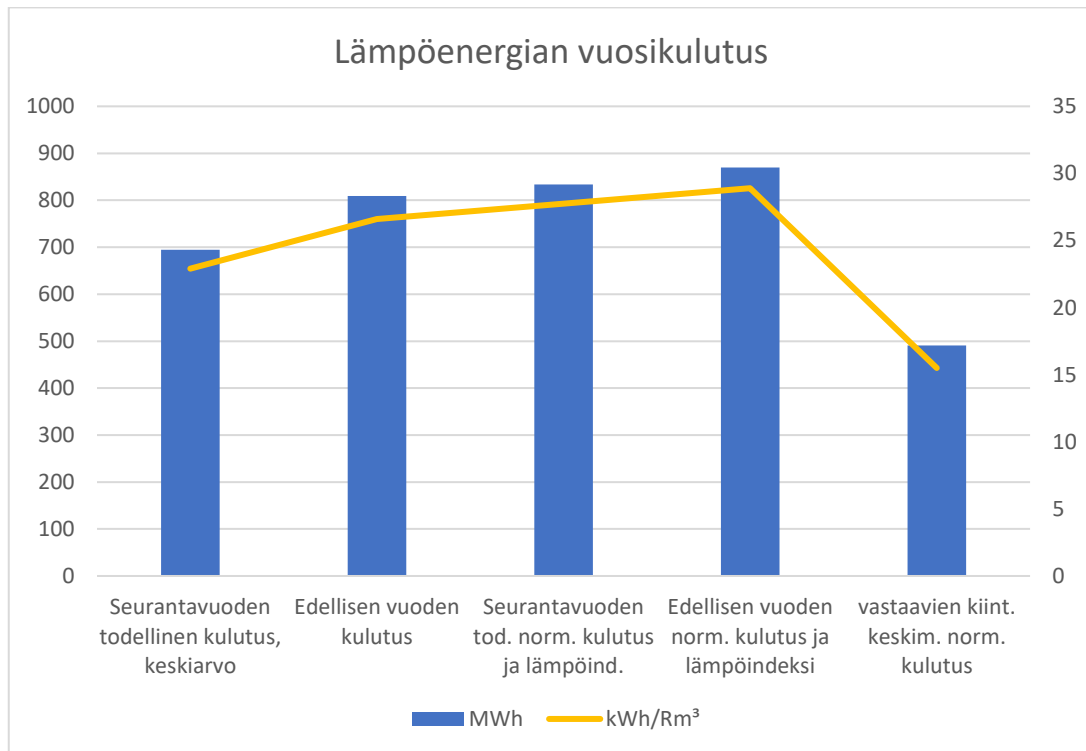
Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 15 192-47 321 Rm³.

Alla taulukossa 6 on esitetty tutkittavien kauppakeskusten kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

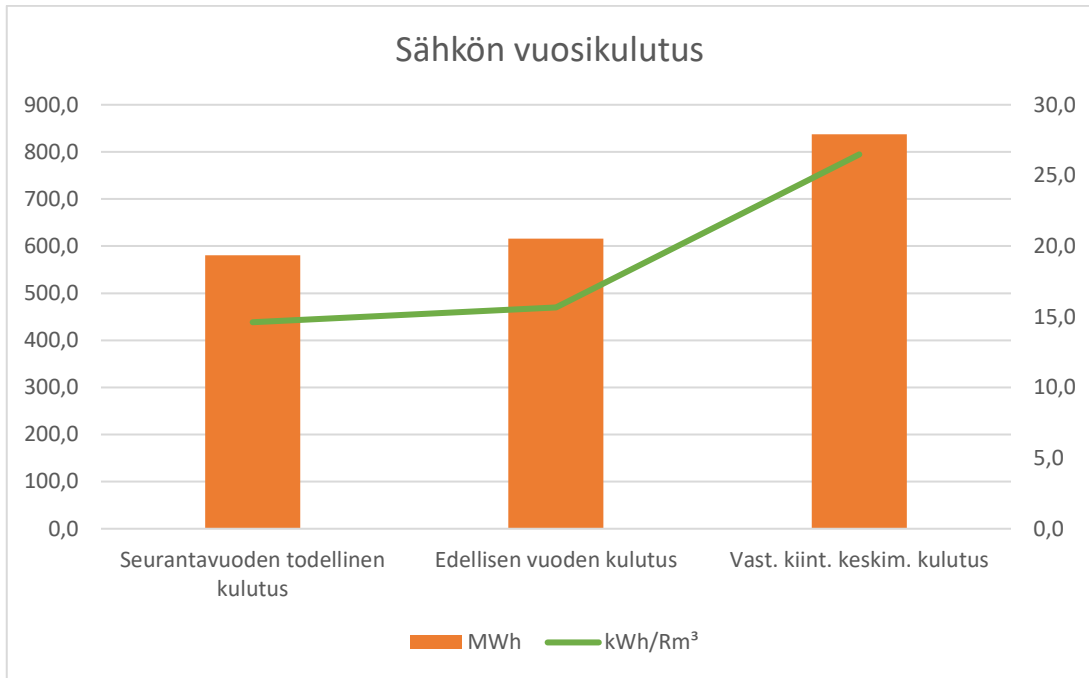
Taulukko 6. Kauppakeskusten lämpöenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	695	23
Edellisen vuoden kulutus	809	27
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	834	28
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	870	29
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	491	16

Tutkittavien kauppakeskusten kohdalla havaittiin kuvien 38 ja 39 mukaisesti, että lämpöenergian kulutukset olivat korkeampia kuin vastaavien kiinteistöjen kulutukset keskimäärin. Sähköenergian kulutukset olivat kuitenkin selkeästi alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia.



Kuva 38. Kauppakeskusten lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 39. Kauppakeskusten sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 7 on esitetty kauppakeskusten kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 7. Kauppakeskusten sähköenergian kulutukset.

	<u>MWh</u>	<u>kWh/Rm³</u>
Seurantavuoden todellinen kulutus	580,6	14,6
Edellisen vuoden kulutus	616,0	15,7
Vast. kiint. keskim. kulutus	837,6	26,5

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoittuivat välille 8,0-40,0 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 21,25-31,78 kWh/Rm³.

4.3.4 Toimistorakennukset

Tutkittavia kiinteistöjä oli 6 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuosien 2015-2017 välisenä aikana. Kiinteistöt sijaitsivat Hämeenlinnassa, Helsingissä, Lempäälässä, Espoossa ja

Turussa. Lämmitysmuotona kiinteistöissä on kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla.

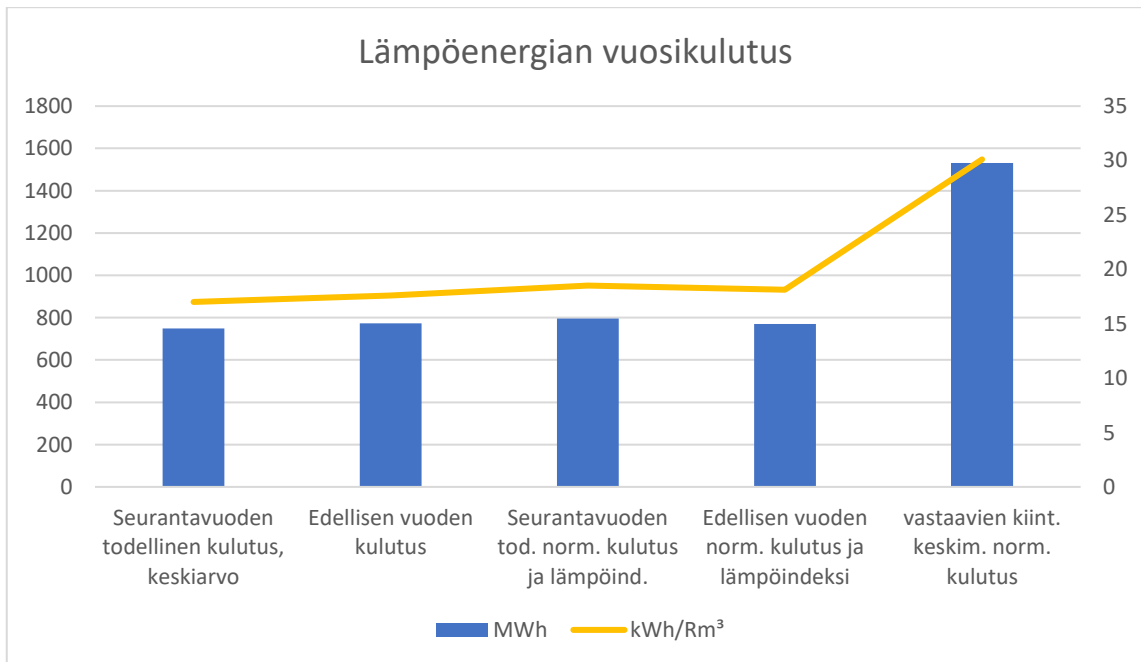
Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 25 910-69 500 Rm³.

Alla taulukossa 8 on esitetty tutkittavien toimistorakennuksien kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

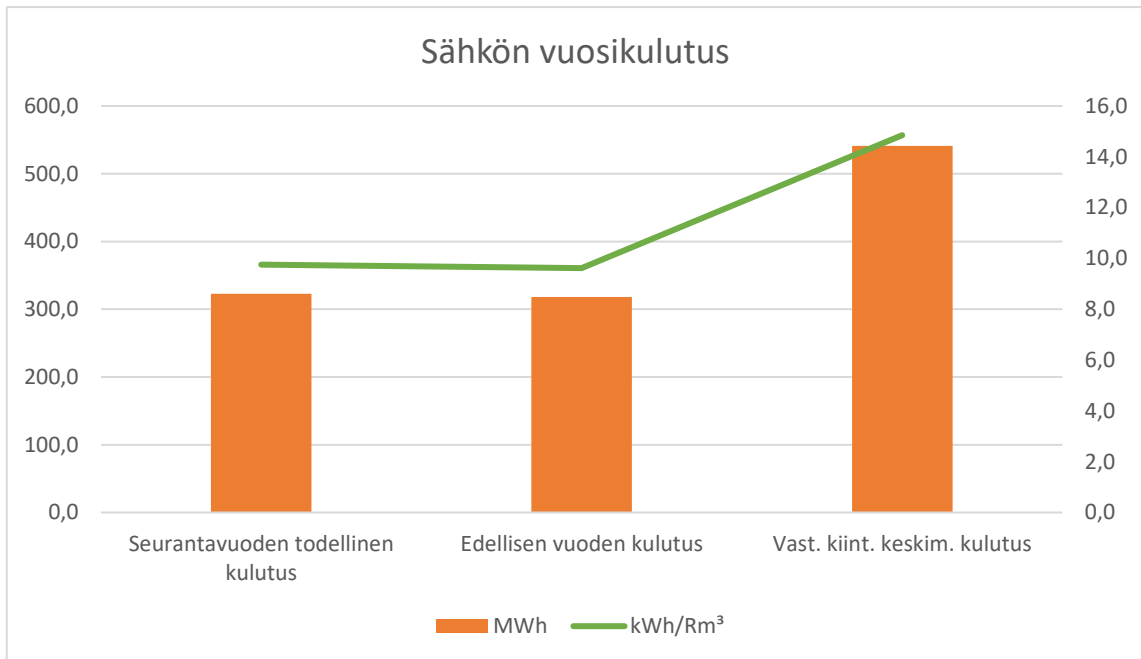
Taulukko 8. Toimistorakennuksien lämpöenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	749	17
Edellisen vuoden kulutus	773	18
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	795	19
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	771	18
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	1531	30

Tutkittavien toimistorakennusten kohdalla havaittiin kuvien 40 ja 41 mukaisesti, että lämpö- ja sähköenergian kulutukset olivat kahtena edellisvuotena olleet selkeästi alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia.



Kuva 40. Toimistorakennusten lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 41. Toimistorakennusten sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 9 on esitetty asuinkerrostalojen kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 9. toimistorakennuksien sähköenergian kulutukset.

	<u>MWh</u>	<u>kWh/Rm³</u>
Seurantavuoden todellinen kulutus	322,7	9,8
Edellisen vuoden kulutus	318,2	9,6
Vast. kiint. keskim. kulutus	541,0	14,9

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoittuivat välille 8,0-80,5 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 0,5-26,09 kWh/Rm³.

4.3.5 Palvelutalot

Tutkittavia kiinteistöjä oli 6 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuosien 2016-2018 välisenä aikana. Kiinteistöt sijaitsivat Tampereella ja Espoossa. Lämmitysmuotona kiinteistöissä on

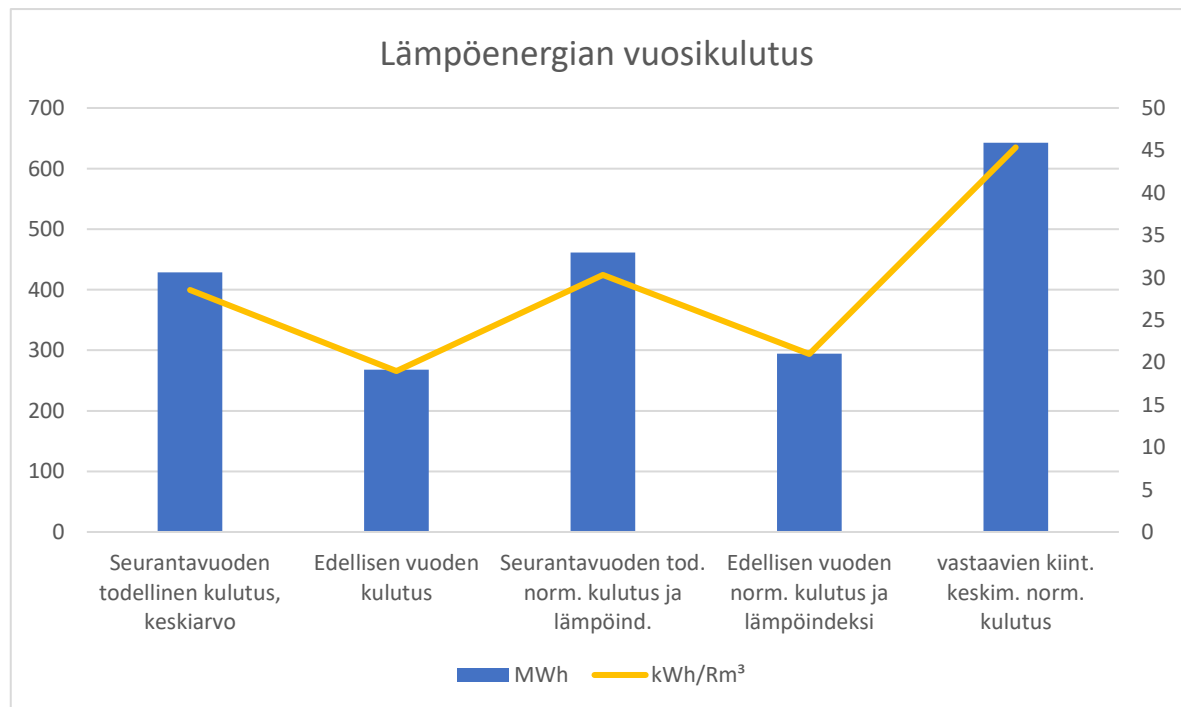
kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 10 770-18 776 Rm³.

Alla taulukossa 10 on tutkittavien palvelutalojen kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

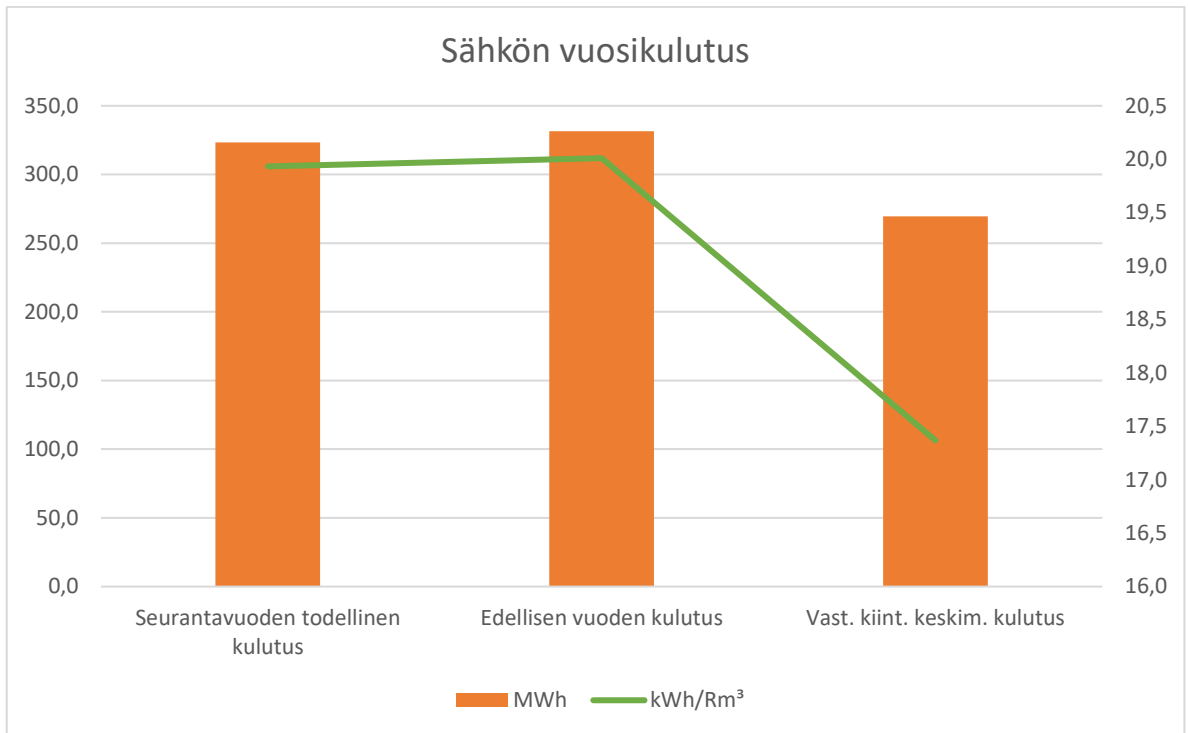
Taulukko 10. palvelutalojen lämpöenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	429	29
Edellisen vuoden kulutus	268	19
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	461	30
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	294	21
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	642	45

Tutkittavien palvelutalojen kohdalla havaittiin kuvien 42 ja 43 mukaisesti, että lämpöenergian kulutukset olivat alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia. Sähköenergian kulutukset olivat kuitenkin korkeampia kuin vastaavien kiinteistöjen keskimääräiset kulutukset.



Kuva 42. Palvelutalojen lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 43. Palvelutalojen sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 11 on esitetty palvelutalojen kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 11. Palvelutalojen sähköenergian kulutukset.

	<u>MWh</u>	<u>kWh/Rm³</u>
Seurantavuoden todellinen kulutus	323,5	19,9
Edellisen vuoden kulutus	331,5	20,0
Vast. kiint. keskim. kulutus	269,5	17,4

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoittuivat välille 24,9-73,5 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 5,72-27,4 kWh/Rm³.

4.3.6 Asuinliiketalot

Tutkittavia kiinteistöjä oli 2 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuonna 2018. Kiinteistöt sijaitsivat Oulussa ja Tampereella. Lämmitysmuotona kiinteistöissä on kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla.

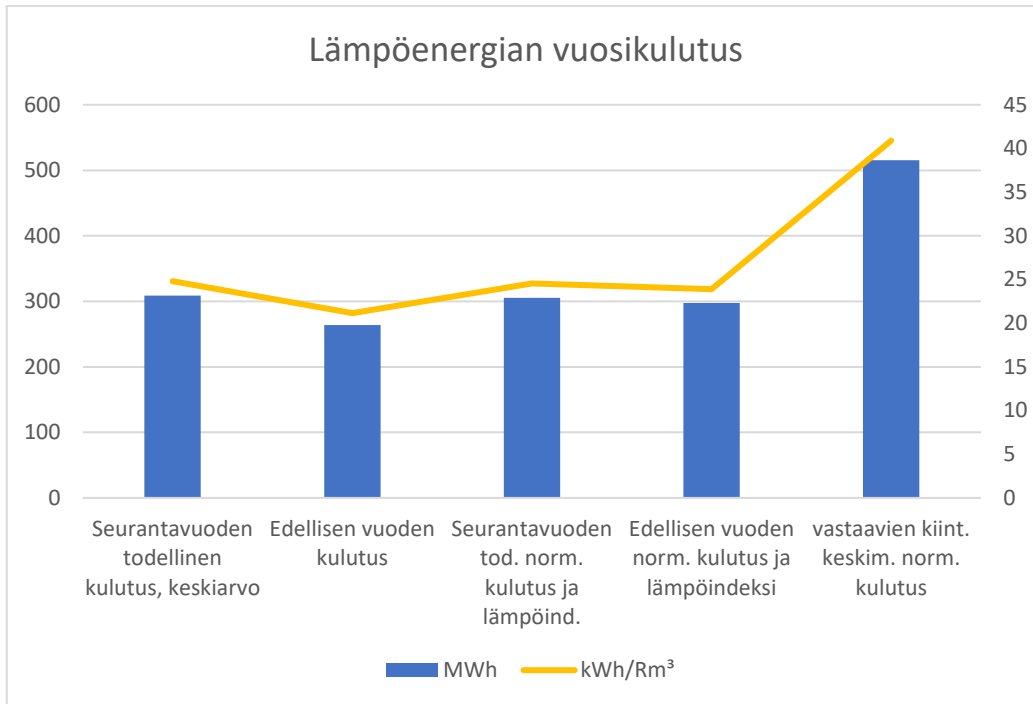
Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 11 920-13 172 Rm³.

Alla taulukossa 12 on esitetty tutkittavien asuinliiketalojen kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

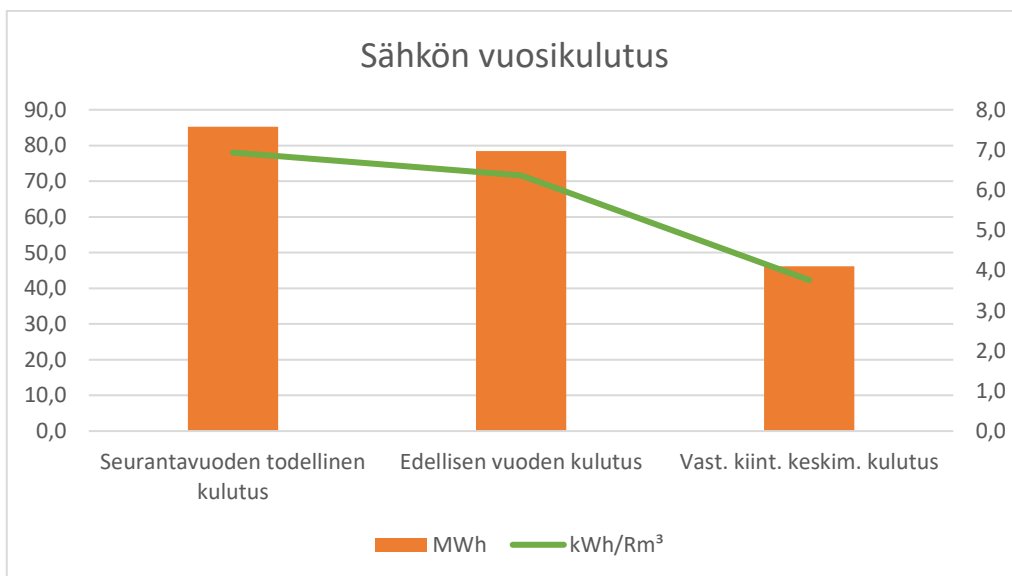
Taulukko 12. Asuinliiketalojen lämpöenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	309	25
Edellisen vuoden kulutus	264	21
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	305	25
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	297	24
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	516	41

Tutkittavien asuinliiketalojen kohdalla havaittiin kuvien 44 ja 45 mukaisesti, että lämpöenergian kulutukset olivat kahtena edellisvuotena olleet alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia. Sähköenergian kulutukset olivat kuitenkin korkeampia kuin vastaavien kiinteistöjen keskimääräiset kulutukset.



Kuva 44. Asuinliiketalojen lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 45. Asuinliiketalojen sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 13 on esitetty asuinliiketalojen kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 13. Asuinliiketalojen sähköenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus	85,3	6,9
Edellisen vuoden kulutus	78,4	6,4
Vast. kiint. keskim. kulutus	46,1	3,8

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoittuivat välille 24,9-40,0 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 3,49-6,89 kWh/Rm³.

4.3.7 Terveydenhuoltorakennukset

Tutkittavia kiinteistöjä oli 4 kpl. Kiinteistöt olivat valmistuneet vuosien 2016-2018 välisenä aikana. Kiinteistöt sijaitsivat Tampereella, Oulussa, Kuopiossa ja Ranualla. Lämmitysmuotona kiinteistöissä on kaukolämpö ja ilmanvaihtojärjestelmänä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla.

Kiinteistöjen rakennustilavuudet vaihtelivat välillä 13 180-58 900 Rm³.

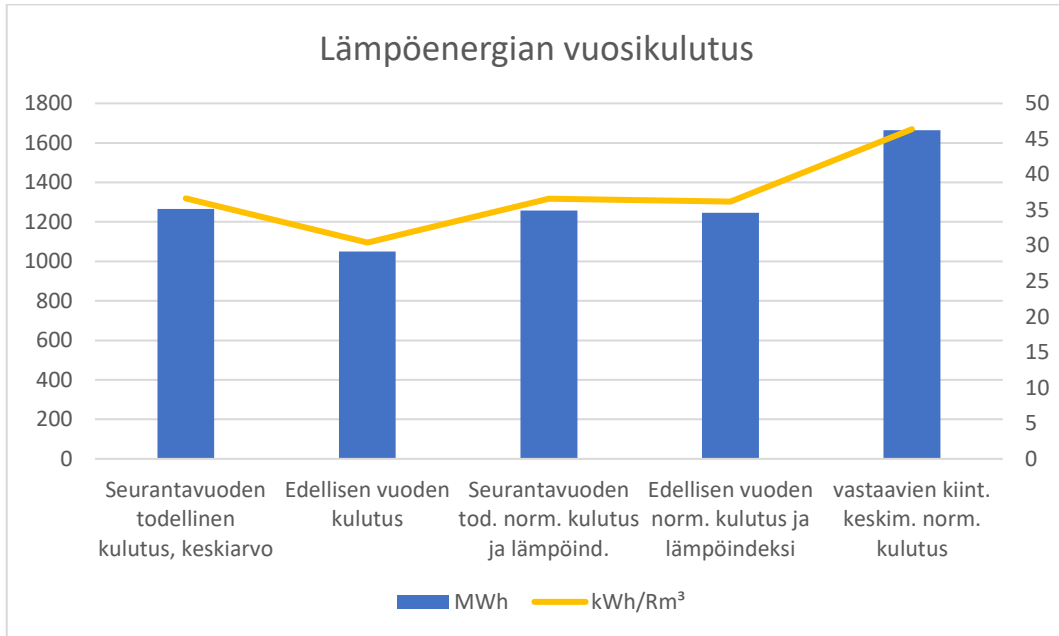
Alla taulukossa 14 on esitetty tutkittavien terveydenhuoltorakennusten kahden edellisen vuoden lämpöenergian kulutukset.

Taulukko 14. Terveydenhuoltorakennusten lämpöenergian kulutukset.

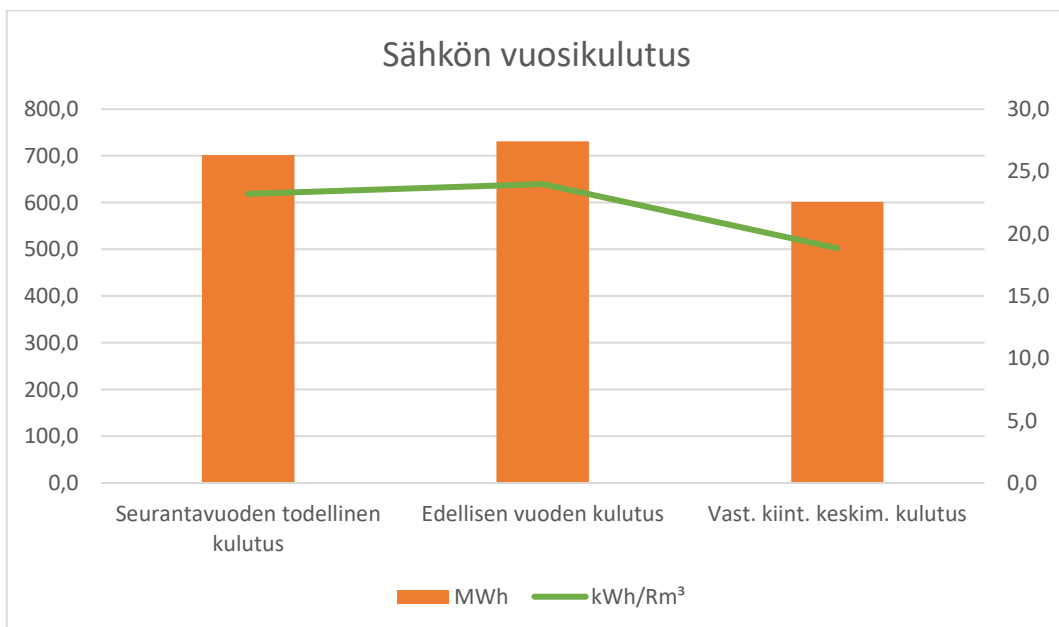
	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus, keskiarvo	1265	37
Edellisen vuoden kulutus	1050	30
Seurantavuoden tod. norm. kulutus ja lämpöind.	1258	37
Edellisen vuoden norm. kulutus ja lämpöindeksi	1247	36
vastaavien kiint. keskim. norm. kulutus	1664	46

Tutkittavien terveydenhuoltorakennusten kohdalla havaittiin kuvien 46 ja 47 mukaisesti, että lämpöenergian kulutukset olivat alle vastaavien kiinteistöjen keskimääräisiä kulutuksia.

Sähköenergian kulutukset olivat kuitenkin korkeampia kuin vastaavien kiinteistöjen keskimääräiset kulutukset.



Kuva 46. Terveysthuoltorakennuksien lämpöenergian vuosikulutukset.



Kuva 47. Terveysthuoltorakennusten sähkön vuosikulutukset

Alla taulukossa 15 on esitetty terveydenhuoltorakennusten kahden edellisen vuoden sähköenergian kulutukset.

Taulukko 15. Terveydenhuoltorakennusten sähköenergian kulutukset.

	MWh	kWh/Rm ³
Seurantavuoden todellinen kulutus	702,0	23,2
Edellisen vuoden kulutus	731,1	24,0
Vast. kiint. keskim. kulutus	601,8	18,8

Vastaavien kiinteistöjen lämpöindeksien vaihtelurajat sijoittuivat välille 24,2-73,5 kWh/Rm³ ja sähköenergian kulutuksien vaihtelurajat välille 5,72-31,68 kWh/Rm³.

4.4 Yhteenveto kiinteistöjen kokonaiskulutuksista

Tutkittavien kiinteistöjen lämmitysenergian ja sähköenergian kulutuksissa havaittiin, että tutkittavien kiinteistöjen kulutukset olivat pääosin pienempiä kuin muiden vastaavien kiinteistöjen keskimääräiset kulutukset, poikkeuksena kauppakeskusten lämpöenergian kulutukset, palvelutalojen sähköenergian kulutukset ja terveydenhuoltorakennuksien sähköenergiankulutukset.

Kauppakeskusten korkeammat lämpöenergiankulutukset johtuivat tarkastusraporttien mukaan kiinteistössä tehdyistä muutoksista ja talotekniikan ohjauksista, mm. Ilmanvaihdon käyntiaikojen muutoksista.

Palvelutalojen sähköenergiankulutukset olivat keskimääräistä korkeammalla tasolla, tarkastusraporttien mukaan kulutustasoa on nostanut mm. eräiden kohteiden asuntojen kylpyhuoneiden lattialämmitykset, jotka oli kytketty kiinteistösähköön.

Terveydenhuoltorakennuksien sähköenergiankulutuksien korkeaan tasoon vaikutti tässä tutkimuksessa, että yksi kohde, joka on määritetty terveydenhuoltorakennukseksi, on itseasiassa sairaalarakennus, joille on tyypillistä suurehko sähkön kulutus.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lämpöenergian kulutuksen vähentämisen keskeisiä keinoja ovat järjestelmien huolto- ja säätötoimenpiteet. Yksinkertaisin lämpöenergian säästämisen keino on luonnollisesti lämpötilan optimointi. Tämä edellyttää jossakin määrin myös käyttäjien vaatimusten ja asenteiden muutosta. Talvella voidaan tyytyä alhaisempaan lämpötilaan lämmitykseen kuluvan energian säästämiseksi, ja kesällä puolestaan voidaan säästää jäähdytykseen kuluva energia hyväksymällä hieman korkeampi sisälämpötila. Toimenpiteitä voidaan tehokkaasti viedä käytäntöön ottamalla lämpöenergian kulutukseen liittyviä kannusteita ja sanktioita vuokraja ylläpitopalvelusopimusten ehtoihin. Näiden avulla voidaan mahdolliset säästöt jakaa oikeudenmukaisesti ja kannustavasti eri osapuolille.

Sähköenergian kulutuksen ja kustannusten ajurit ovat osin samantyyppisiä kuin lämpöenergian. Sähkönkulutus on kuitenkin tiiviimmin sidoksissa käyttäjien toiminnan luonteeseen ja käyttäytymiseen. Siksi osa energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävistä investoinneista ja toimenpiteistä on lähempänä käyttäjien intressiä. Tällaisia ovat esimerkiksi valaistuksen ja käyttäjän koneiden ja laitteiden ohjausjärjestelmiin tehtävät investoinnit sekä niiden asianmukaiset säätö- ja huoltotoimenpiteet.

Lämpö- ja sähköenergian kulutuksen vähentämiseen tähtäävissä toimenpiteissä on useimpien otettava myös kokonaisenergiankulutus huomioon. Rakennuksen teknisistä järjestelmistä riippuen esimerkiksi lämmitykseen kuluvan energian kulutuksen vähentäminen voi johtaa sähkönkulutuksen kasvuun. Vain kokonaisenergiankulutusta tarkastelemalla voidaan ehkäistä esimerkiksi samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen riski. Kokonaisenergiankulutuksen seuranta edellyttää uudenlaista yhteistyötä arvoverkoston eri osapuolten, lähinnä käyttäjien ja omistajien välillä, jotta esimerkiksi kulutustiedot kulkisivat entistä tehokkaammin eri osapuolten välillä. Usein myös palveluntuottajilla on kulutuksen vähentämisessä merkittävä rooli. (Kaleva et al., 2011.)

Alla uudehkoja työkaluja energiatehokkuuden optimointiin:

- Smart Readiness Indicator

Eräs työkalu, jota Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin myötä koko Euroopan tasolla valmisteltu on Smart Readiness Indicator (SRI). Sen tarkoituksena on antaa kuvaus siitä, miten rakennuksen energiatehokkuutta pystytään parantamaan, miten rakennus vastaa käyttäjien tarpeisiin ja miten se pystyy reagoimaan energiaverkon toimintaan. SRI tähtää siihen, että se voisi antaa helposti ymmärrettävän kuvauksen rakennuksen kyvystä älykkääseen käyttöön sen omistajille, käyttäjille sekä laitevalmistajille.

SRI perustuu 10 pääkategoriaan (domains) sekä 52 eri toimintoon näiden kategorioiden sisällä. Pääkategorioiden tulokset vaikuttavat 8 eri ”lopputulokseen” eli vaikuttavuus indikaattoriin.

Pääkategoriat ovat:

- Lämmitys
- Jäähdytys
- Lämmin käyttövesi
- Ilmanvaihto
- Valaistus
- Dynaaminen rakennuksen vaippa
- Paikalla tuotettu uusiutuva energia
- Kysynnän jousto
- Sähköautojen lataus
- Monitorointi ja säätö

Aalto yliopistossa Eerika Janhunen (Janhunen,E., et al. 2019) on tehnyt tutkimusta siitä, miten Euroopassa kehitetty Smart Readiness Indicator SRI, soveltuu meidän pohjoisen

ilmastoon ja tapaan rakentaa.

Yhteenvetona tutkijat esittävät, että menetelmään tulisi lisätä paremmin Pohjois-Euroopan rakentamista kuvaavia piirteitä. Erityisesti kaukolämmön hyödyntämistä nykyinen metodi ei vielä tunnistanut riittävän hyvin.

- Monitavoiteoptimointi

Olemassa olevan rakennuskannan kustannustehokas korjaaminen on haastavaa ja tärkeää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Kustannus- ja energiatehokkuus voivat olla keskenään ristiriitaisia tavoitteita, joiden vertaaminen on haastavaa. Kiinteistönomistajia kiinnostaisivat selkeät peruskorjauskonseptit, joilla rakennusten käyttökustannuksia saataisiin pienennettyä järkevällä takaisinmaksuajalla ja sijoitetun pääoman tuotolla.

Monitavoitteellisella optimoinnilla keskenään ristiriitaisienkin tavoitteiden vertaaminen on mahdollista. Optimoinnin avulla saadaan määritettyä peruskorjauskonseptit, joilla mm. rakennuksen sisäympäristöolosuhteet paranevat, käyttäjien työn tuottavuus paranee, hiilijalanjälki pienenee ja energiatehokkuus paranee mahdollisimman korkealla sijoitetun pääoman tuotolla. (Granlund Oy, 2020.)

Energiatehokkuuden mittaamisen haasteena on tiedon saatavuus, oikeellisuus ja yhdenmukaisuus. Tietojen tulee olla helposti niiden osapuolten saatavissa, jotka pystyvät sitä omassa toiminnassaan hyödyntämään. Tietojen saatavuus ja tunnuslukujen hyväksikäyttö edellyttävät uudenlaista yhteistyötä kiinteistön omistajien, käyttäjien ja palveluntuottajien välillä.

Tiedon saatavuuden näkökulmasta yksi keskeinen kysymys liittyy siihen, kenen saatavilla tiedot ovat, tai niiden tulisi olla. Itse rakennukseen liittyvät tekniset tiedot ovat tyypillisesti omistajan tai omistajaa palvelevien palveluntuottajien saatavilla.

Tunnuslukujen ohjausvaikutusten vahvistamiseksi merkittävimpien tunnuslukujen tulisi olla helposti ja ajantasaisesti keskeisten intressitahojen saatavilla. Jos esimerkiksi vuokralaista halutaan ohjata ja kannustaa energiankulutuksen vähentämiseen, voidaan tätä pyrkimystä tukea järjestelmillä, jotka tuottavat käyttäjille tiedon käytetyn energian tai veden määrästä

helpossa ja ymmärrettävässä muodossa. Näin käyttäjä pystyy helposti arvioimaan oman toimintansa ja erilaisten toimintatapojen vaikutusta kulutukseen. Yhteisten tavoitteiden asettamista voidaan tukea sopimuksin esimerkiksi määrittämällä tavoitteita tukevia palkkio- ja sanktiokriteereitä hyötyjen ja kustannusten jakamiseksi.

Eri osapuolten intressiä energiatehokkuuden parantamiseen määrittää viime kädessä se, mikälaista – useimmiten viime kädessä taloudellista – hyötyä energiatehokkuus pystyy tuottamaan. Kiinteistöjen omistajat investoivat energiatehokkuuden parantamiseen, jos pystytään osoittamaan, että investoinnit kasvattavat kiinteistön arvoa joko paremman kassavirran tai vähäisemmän riskin kautta.

Energiatehokkuudella on yhteiskunnallisia oheishyötyjä ilmastovaikutusten lisäksi muun muassa kansantalouteen, energijärjestelmiin, resurssien käyttöön ja hyvinvointiin.

6 YHTEENVETO

Päätavoitteeksi tutkimukselle asetettiin energiatehokkuuden tutkimista rakennuttamisprosessin eri vaiheissa. Tämä päätutkimuskysymys jakautui kahteen osakysymykseen:

- Miten hankkeen eri osapuolet kokevat energiatehokkuusasiat ja miten ne hankkeiden eri vaiheissa heidän mielestään toteutuvat?
- Miten toteutuneissa hankkeissa energiatehokkuus on toteutunut?

Haastatteluista havaittiin, että energiatehokkuus on huomioitu hyvin tämän päivän rakennuttamisessa. Uusiutuvia energiamuotoja on kaikilla vastaajilla käytössä ja myös ympäristöluokitukset on otettu hyvin käyttöön, tosin tämä on ollut rakennuttajilla enemmän imago- ja markkina-arvo-asia kuin ympäristö- ja yritysvastuuasia. Kuitenkin vastaajat eivät usko suomen saavuttavan 2035 hiilineutraaliustavoitetta. Vastauksista heijastui, että vastaajat uskovat, että rakennusala hoitaa oman tonttinsa asian suhteen.

Erityisesti haastatteluissa nousi esille, että kaikkien vastaajien mielestä ylläpitovaihe on tärkeä osa kiinteistöjen energiatehokkuutta, mutta kiinteistöpäälliköt kokivat, että todellisudessa asiaa ei ole huomioitu lähellekään riittävällä tasolla. Muutenkin takuuvaihe ja ylläpitovaihe koettiin liian eriytyneeksi muusta rakentamisesta mm. takuuajan korjauksien ja takuuajan huoltojen suhteen, johon urakoitsijoita on ollut hankala saada reagoimaan tarvittavalla vakavuudella. Kiinteistöhuollon osaamisessa nykyaikaisten taloteknisten järjestelmien ylläpidossa ja huollossa havaittiin myös haasteita.

Kokonaisuutena tutkittavien kiinteistöjen lämpö- ja sähköenergian kulutukset ovat tutkittavissa kohteissa hyvällä tasolla, suuria poikkeamia vastaavien kohteiden ominaiskulutuksiin ei ollut havaittavissa.

Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite oli luoda laaja kuva rakennushankkeen eri osapuolien näkemyksistä energiatehokkuuteen liittyvistä seikoista ja rakennusten todellisten kulutustietojen suhdetta verrokkiarvoihin ja siinä tavoitteessa onnistuttiin.

Tutkimus on luotettava ja reliaabeli, sillä tutkimusmenetelmä on hyvin tutkimuksessa kuvattu ja tieto ei ole sattumanvaraista, vaan tarkasti valittujen olemassa olevien kirjallisuuslähteiden sekä alan asiantuntijoiden näkemys ilmiöstä.

Tätä tutkimusta voidaan pitää myös validina tietyin huomioin. Tulkintoja tehdessä on pyritty muodostamaan luotettava tulkinta saaduista tuloksista ja tutkimusta tehdessä on pyritty minimoimaan omien tulkintojen vaikutus tutkimuksen tuloksiin.

Kuitenkin subjektiivisuutta ei pystytä täysin poistamaan tutkimuksesta, koska kyseessä on laadullinen tutkimus. Myös kyselytutkimusosuuden vastauksissa on aina subjektiivisuutta.

Lähdemateriaalikatsaus on validi ja reliaabeli, sillä lähteiden laatu on korkea ja määrä riittävä, lisäksi lähdekirjallisuutta ja aineistoa on haettu monista eri lähteistä näkökulmien ja merkitysten mahdollisimman laajan ymmärtämisen varmistamiseksi.

Kyselyyn vastanneet henkilöt edustavat kattavasti poikkileikkausta alan toimijoista ja henkilöt olivat tarkasti valittu ja alansa ammattilaisia.

Kyselyn kysymykset ovat rakennettu kirjallisuusosion pohjalta ja käyttäen alan ammattilaisia apuna, millä on pyritty pienentämään tutkijan henkilökohtaisen tietotaidon vaikutusta tutkimustuloksiin. Nämä seikat tukevat tutkimuksen validiutta.

Tutkittavia kohteita oli riittävä määrä, jotta saatiin kattava otos kiinteistöjen kulutustiedoista.

Edellä esitettyjen huomioiden jälkeen tutkimuksen voidaan katsoa kuvaavan riittävän hyvin eri toimijoiden kokemuksia kyselyyn perustuen sekä eri kohteiden energiankulutuksia tavoitteen ja tarkoituksen viitekehyksessä.

Tutkimuksen lopputuloksena on eheä tutkimuskokonaisuus, joka on validi ja reliaabeli edellä mainituin huomautuksin.

LÄHTEET

DiCicco-Bloom, B. & Crabtree, B. F. The qualitative research interview. Medical education, 2006.

Gaspar Rui & Antunes Dalila, Energy efficiency and appliance purchases in Europe: Consumer profiles and choice determinants, 2011

Granlund Oy, Monitavoiteoptimointi kiinteistönomistajan tueksi, 2020. [verkkoaineisto]. [viitattu 2/2021]. Saatavissa: <https://www.granlund.fi/uutiset/kustannustehokasta-korjaamista-ymparisto-ja-sisailma-huomioiden/>

Green Building Council, rakennushankkeiden ympäristöluokitukset suomessa, 2018. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: [https://figbc.fi/julkaisu/rakennushankkeiden-ymparistovaikutukset-suomessa/rakennushankkeiden-ymparistovaikutukset -Suomessa.pdf](https://figbc.fi/julkaisu/rakennushankkeiden-ymparistovaikutukset-suomessa/rakennushankkeiden-ymparistovaikutukset-Suomessa.pdf)

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. Tutki ja kirjoita. Kustannusosakeyhtiö Tammi, 1997

Ikävalko Markku, Luoranen Mika ja Virkki-hatakka Terhi, Differences in perception: How the experts look at energy efficiency (findings from a Finnish survey), 2013 [verkkoaineisto] [viitattu 10/2020] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03014215130030>

Janhunen, E., Pulkka, L., Säynäjoki, A., & Junnila, S. Applicability of the Smart Readiness Indicator for Cold Climate Countries. Buildings, 2019. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2075-5309/9/4/102>

Johnson, R. B. Examining the validity structure of qualitative research. Education, 1997

Kaleva Hanna, Lahtinen Riitta, Sundbäck Liisa, Niemi Jessica, KTI Kiinteistötieto Oy, Kiinteistöjen eko- ja energiatehokkuuden mittarit ja tunnusluvut, 2011

Kankainen J., Junnonen J-M., Rakennuttaminen, Tammer-Paino Oy, Rakennustieto Oy, 2013

Liuksiala A., Stoor P., Rakennussopimukset. Meedia Zone Ou, Viro. Rakennustieto Oy, 2014

Mattinen Maija, Heljo Juhani, Savolahti Mikko, Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050, Suomen ympäristökeskus Oy, 2016

Morse, J. M., Barrett, M., Mayan, M., Olson, K., & Spiers, Verification strategies for establishing reliability and validity in qualitative research. International journal of qualitative methods, 2002

Motiva, ominaiskulutukset palvelusektorilla, 2019. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/ominaiskulutukset_palvelusektorilla

Peltonen T., Kiiras J. Rakennuttajan työpanos eri urakkamuodoissa Gummerrus Kirjapaino Oy. Saarijärvi. Rakennustieto Oy. 1998

Pylysi Petri & Virta Jari, Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy, 2011

Rakennusteollisuus Oy, rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana, 2019a. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

Rakennusteollisuus Oy, matalaenergiarakentamisen määritelmiä, 2019b. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto-ja-energiapolitiikka/Rakennettu-ymparisto-ja-energian-kulutus/>

Rakennusteollisuus Oy, kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista, 2019c. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa:<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

Rakennustieto Oy. RT 10-11222, Talonrakennushankkeen kulku, rakennushankkeen osapuolet, 2016

Rakennustieto Oy. RT 10-11284, Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18, 2017a

Rakennustieto Oy, RT 10-11294, Uuden rakennuksen energiatehokkuus asetusten 788/2017 ja 1010/2017 tuomat muutokset, 2018

Rakennustieto Oy, RT 07-11299, sisäilmastoluokitus 2018, 2017b

Rakennustieto Oy, RT 16-10660, rakennusalan yleiset sopimusehdot, YSE98, 1998

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 259-2012, Matalaenergiarakentaminen, 2012

Sisäilmayhdistys ry, sisäilman tekijät, 2019. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat/sisailmasto/sisailman-tekijat/>

Säteri, Jorma, Sisäilmasto ja energiatalous. Sisäilmayhdistys, Korjausrakentaminen 14, 2014

Tilastokeskus, asumisen energiankulutus vuosina 2011-2019, 2019. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/asen/2019/asen_2019_2020-11-19_tau_001_fi.html

Ympäristöhallinto, kiinteistön ylläpito- ja korjaaminen, 2019. [verkkoaineisto]. [viitattu 11/2020]. Saatavissa:https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/Kiinteiston_yl-lapito_ja_korjaaminen

Ympäristöministeriö, asetus 788/2017, Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista, 2017

Ympäristöministeriö, Energiatehokkuus, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmityshontarpeen laskenta, 2018

Ympäristöministeriö, asetus 718/2020, Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista, 2020