

Miia Pitkänen

# Sähköenergian mittaukset energiatehokkaassa toimitilarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

8.5.2013

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Miia Pitkänen Sähköenergian mittaukset energiatehokkaassa toimitilarakentamisessa 48 sivua + 2 liitettä 8.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	toimitusjohtaja Tapani Sahlström yliopettaja Jarno Varteva
<p>Opinnäytetyössä on tarkasteltu sähkösuunnittelun kannalta energiatehokkaassa toimitilarakentamisessa huomioitavia suunnittelutavoitteita eri ympäristöluokitusjärjestelmien vaatimusten pohjalta. Lähtökohtana toimi tarve selvittää rakennusten energiatehokkuuteen ja sähköenergian mittauksiin liittyvät uudistuneet lait ja määräykset sekä ympäristöluokitusjärjestelmien vaatimukset.</p> <p>Työssä on perehdytty lakeihin ja määräyksiin, jotka ohjaavat energiatehokkaan rakennuksen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelua. Tärkeänä osana oli selvittää vuonna 2012 uudistuneet rakentamismääräykset energiatehokkuudesta. Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia suunnitteluratkaisuja on käsitelty sekä energiankulutuksen todentamiseen tarvittavien sähköenergian mittausjärjestelmien periaatteita kuvattu.</p> <p>Työssä on tutkittu niin kansallisia kuin kansainvälisiä sekä pakollisia että vapaaehtoisia ympäristöluokitusjärjestelmiä. Pakollisen energiatodistuksen uudistukset ja uuden suomalaisen ympäristöluokitusjärjestelmän luokitusperiaatteet on selvitetty sekä yleisimpien kansainvälisten ympäristösertifikaattien vaatimuksia sekä niiden vaikutuksia suunnitteluratkaisuihin on tutkittu.</p> <p>Suunnitteluratkaisuihin vaikuttavia ympäristöluokitusjärjestelmien vaatimuksia sekä energian mittausjärjestelmien suunnittelun haasteita ja tavoitteita on havainnollistettu esimerkkikohteen avulla. Esimerkkikohteenä toimi Keilaranta Tower -hanke, jolle on asetettu ympäristötavoitteita.</p> <p>Työn lopputuloksena on saatu ohjeisto, johon on kerätty oleellinen tieto energiatehokkaan rakennuksen sähkösuunnittelua ohjaavista laeista, määräyksistä ja ympäristöluokitusjärjestelmistä.</p>	
Avainsanat	Sähköenergian mittausjärjestelmä, energiatodistus, LEED-ympäristöluokitusjärjestelmä, BREEAM-ympäristöluokitusjärjestelmä

Author Title Number of Pages Date	Miia Pitkänen Electrical Energy Measurements in Energy Efficient Office Building 48 pages + 2 appendices 8 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Tapani Sahlström, Chief Executive Officer Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to examine the goals of electrical design based on requirements of different environmental rating systems in energy efficient office building. The initiative for the study was the need to research the updated laws and regulations for electrical energy measurement systems and define the requirements of environmental certifications.</p> <p>This study clarifies the laws and regulations which control the electrical design. An important part was to examine in 2012 updated construction regulations for energy efficiency. Energy efficient design solutions are elaborated and main principles of electrical energy measurement systems, which verify the energy consumption are explained.</p> <p>Both national and international, as well as mandatory and voluntary environmental rating systems are analyzed. Rating principles of mandatory Finnish energy certificate, which were renewed in 2013, and the demands of the common environmental rating systems and their impact on the design solutions are determined.</p> <p>Examples of energy efficient design solutions, affected by demands of the environmental rating systems, and also challenges and goals of electrical energy measurement systems are demonstrated with a real office building, the Keilaranta Tower, for which environmental targets have been set.</p> <p>The result of this thesis is an instruction, in which relevant information and guidelines of laws, regulations and environmental rating systems' demands controlling electrical design have been collected.</p>	
Keywords	Electrical energy measurement system, energy certificate, LEED-environmental rating system, BREEAM-environmental rating system

## Sisällys

Tiivistelmä  
Abstract  
Sisällys  
Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköenergian mittauksien periaatteet	2
2.1	Mittauksia koskevat lait ja asetukset	2
2.2	Jakeluverkonhaltijoiden ohjeet	4
3	Mittausjärjestelmät	6
3.1	Mittamuuntajat	8
3.2	Sähköenergiamittarit	9
3.3	Tiedonsiirtoyhteydet	10
3.4	Mittautustietojenhallintajärjestelmä ja tietojen raportointi	12
4	Rakennusten energiatehokkuus	13
4.1	Energiatehokkaat suunnitteluratkaisut	13
4.2	Energiatodistus	16
4.2.1	E-luvun laskenta	18
4.2.2	Energiatehokkuusluokat	20
5	Ympäristöluokitusjärjestelmät	21
5.1	Kiinteistöpassi	21
5.1.1	Rakennuksen elinkaarimittarit	22
5.1.2	Visuaalinen työkalu	27
5.2	LEED-ympäristöluokitusjärjestelmä	28
5.2.1	Ympäristösertifikaatti vihreille rakennuksille	28
5.2.2	Luokitusjärjestelmät	29
5.2.3	Pisteytys ja arvosana	30
5.3	BREEAM-ympäristöluokitusjärjestelmä	31
5.3.1	Vihreiden kiinteistöjen ympäristösertifikaatti	31
5.3.2	Luokittelujärjestelmät	32
5.3.3	Pisteytystapa ja arvosana	33

5.4	PromisE-ympäristöluokitusjärjestelmä	34
6	Keilaranta Tower	35
6.1	Keilaranta Towerin ympäristötavoitteet	37
6.1.1	LEED-ympäristösertifikaatin vaatimukset	37
6.1.2	Ympäristöluokitustason saavutettavuus	38
6.2	Sähköenergian mittaukset	41
6.2.1	Vaatimukset energian mittauksille	41
6.2.2	Mittarointisuunnitelma	42
7	Yhteenveto	44
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1. Energiatodistus	
	Liite 2. LEED-arviointilomake	

## Lyhenteet

AMM	Automatic Meter Management; automaattinen mittarinluentajärjestelmä
AMR	Automatic Meter Reading; automaattinen mittarinluenta
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method; Iso-Britanniassa kehitetty ympäristöluokitusjärjestelmä
DLC	Distribution Line Carrier; tiedonsiirto sähköverkossa
GPRS	General Packet Radio Service; pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu, joka toimii GSM-verkossa
GSM	Global System for Mobile Communications; matkapuhelinverkko eli korkeataajuinen radioverkko
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design; Yhdysvalloissa kehitetty ympäristöluokitusjärjestelmä
PLC	Power Line Carrier; tiedonsiirto sähköverkossa
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto; virasto, joka valvoo ja edistää teknistä turvallisuutta ja vaatimustenmukaisuutta sekä kuluttaja- ja kemikaaliturvallisuutta Suomessa
UKAS	The United Kingdom Accreditation Service; Iso-Britannian akkreditointipalvelu, joka valvoo kansainvälisiä sertifiointipalveluja tarjoavia organisaatioita

## 1 Johdanto

Opinnäytetyössä selvitetään Suomessa yleisimmin käytössä olevien ympäristöluokitusjärjestelmien vaatimukset ja niiden pohjalta asetettujen ympäristötavoitteiden vaikutukset suunnitteluratkaisuihin sekä kuvataan energiatavoitteiden todentamiseen tarvittavien sähköenergian mittausjärjestelmien periaatteet. Työssä esitetään ympäristöluokitusjärjestelmien käyttökohteet, arvioitavat kriteerit sekä ympäristöluokat tai arvosanat. Esimerkkikohteen avulla esitellään sähkösuunnittelun haasteita, kun kohteelle on ympäristöluokituksen perusteella asetettu ympäristötavoitteita. Esimerkkikohta on hankesuunnitteluvaiheessa oleva Keilaranta Tower, jolle hankitaan kansainvälisesti tunnettu ympäristösertifikaatti.

Insinööritoimisto SIR-Sähkö Oy on vuonna 1992 perustettu, pitkän ja laaja-alaisen kokemuksen omaava konsultti- ja suunnitteluyritys, joka tarjoaa sähköisen talotekniikan konsultti-, suunnittelu- ja toteuttajapalveluita. SIR-Sähkö on mukana useissa suurissa toimitilojen rakentamishankkeissa, joissa on asetettu ympäristötavoitteita. Tämän vuoksi lähdettiin tarkastelemaan energiatehokkaassa toimitilarakentamisessa huomiotavia suunnittelutavoitteita, jotka on asetettu ympäristövaatimusten perusteella. Työssä perehdytään sähköenergian mittaukseen koskeviin lakeihin ja määräyksiin sekä käydään yleisellä tasolla läpi mittausjärjestelmän rakenne. Energiatehokkaan toimitilarakentamisen suunnitteluratkaisuja tutkitaan ja eri ympäristöluokitusjärjestelmät käsitellään.

Ilmaston lämpenemisen ja kasvihuoneilmiön hillitseminen on kannustanut etsimään ratkaisuja energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen. Euroopan Unioni on sitoutunut vähentämään energiankulutusta ja kasvihuonepäästöjä 20 prosenttia ja lisäämään uusiutuvien energianlähteiden osuutta 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi ja energiatehokkuuden parantamiseksi rakentamisen lakeja, määräyksiä ja ohjeita tiukennetaan jatkuvasti. Ympäristöystävällisempiä rakennuksia kohti vievät myös vapaaehtoiset ympäristöluokitusjärjestelmät, joilla kannustetaan rakentamaan kestävä kehityksen periaatteella toimivia rakennuksia. Ammattitaitoinen suunnittelu, rakentaminen ja käyttö varmistavat rakennuksen energiatehokkuuden ja toimivuuden.

Työn aihe on ajankohtainen, sillä rakennusmääräyksiä rakennuksen energiatehokkuudesta on uudistettu vuonna 2012 sekä pakollisen energiatodistuksen uudistukset ovat

valmisteilla ja astuvat voimaan kesällä 2013. Suomessa on myös kehitetty uusi ympäristöluokitusjärjestelmä, joka julkaistiin alkuvuodesta 2013. Näistä syistä on hyödyllistä tutkia ja koota yhteen lait ja määräykset, ympäristöluokitusten vaatimukset sekä näiden pohjalta tehdyt suunnitteluratkaisut.

## **2 Sähköenergian mittauksien periaatteet**

### **2.1 Mittauksia koskevat lait ja asetukset**

Tehokkaasti toimivien sähkömarkkinoiden edellytyksenä on kohtuuhintaisen ja riittävän hyvälaatuisen sähkön saanti. Sähkömarkkinalain tarkoituksena on turvata toimiva taloudellinen kilpailu sähköntuotannossa ja myynnissä sekä tasapuolisten palveluperiaatteiden ylläpito sähköverkkojen toiminnassa. Sähköverkkotoiminta tarkoittaa sähköverkon asettamista sähkönsiirtoa tarvitsevien käyttöön. Sähköverkkotoiminta edellyttää sähkömarkkinaviranomaisen myöntämää sähköverkkolupaa, paitsi silloin, kun kiinteistön tai kiinteistöryhmän sisäinen sähkönjakelu hoidetaan yhteisön tai laitoksen hallinnassa olevalla sähköverkolla.

Verkonhaltijan toimintaa, sähkömarkkinoiden toimivuudessa, ohjaavat kehittämis- ja liittämisvelvollisuus sekä siirtovelvollisuus. Verkonhaltijan täytyy ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan sekä liittää verkkoonsa toiminta-alueellaan sijaitsevat sähkönkäyttöpaikat, sähköntuotantolaitokset ja pienet uusiutuvan energian tuottajat. Siirtovelvollisuus vaatii verkonhaltijaa myymään sähkönsiirtopalveluja niitä tarvitseville kohtuullista korvausta vastaan ja järjestämään toimitetun sähkön mittauksen asianmukaisella tavalla.

Sähkömarkkinoiden osapuolien sähkötase ja tasepoikkeama saadaan laskutukseen tarvittavasta taseselvityksestä. Taseselvitys on kunkin tunnin aikana toteutuneiden sähkökauppojen selvitys, ja sen pitää perustua tuntimittaukseen. Paitsi sähkön vähittäismyynnissä voidaan soveltaa muun mittaustavan ja tyyppikuormituskäyrän yhdistelmää, mutta tässä työssä keskitytään vain tuntimittaukseen. Taseselvityksen ja laskutuksen perustana olevan sähköntoimitusten mittauksen järjestää verkonhaltija. Verkonhaltijan vastuulla on myös mittaustietojen rekisteröinti ja ilmoittaminen sähkömarkkinoiden osapuolille. Sähkön toimittajalle mittaustiedot tulee ilmoittaa sähkönkäyttöpaikalta tai mittauskohtaisesti.

Jos sähköliittymään kuuluu useampia sähkökäyttöpaikkoja ja sähkö myydään käyttäjille kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta, kutsutaan sitä kiinteistöverkoksi. Kiinteistöverkossa uudisrakennuksen erilliset asuin- ja liikehuoneistot on varustettava huoneistokohtaisilla mittauslaitteistoilla, joista vastaa kiinteistönhaltija. Sähkökäyttäjän tulee halutessaan voida tehdä sähköverkko- ja sähkömyyntisopimus jakeluverkkoyhtiön kanssa, jolloin sähköntoimitus tapahtuu jakeluverkonhaltijan sähköverkon kautta kiinteistöverkon sijaan. Tällöin kiinteistönhaltijan on luovutettava sähkökäyttäjälle käyttöoikeus kiinteistön tai kiinteistöryhmän sisäiseen sähköverkkoon. Huoneistokohtainen mittaus on toteutettava siten, että huoneistokohtainen mittaus voidaan helposti lisätä kiinteistön kulutukseen tai erottaa siitä, jos sähkön käyttäjä haluaa vaihtaa sähkön myyjää. Siirtyessään ostamaan sähkönsä jakeluverkonhaltijan sähköverkon kautta, kiinteistöverkon sijaan, sähkökäyttäjän on korvattava sähkön mittaukseen liittyvistä muutostöistä aiheutuvat kustannukset kiinteistönhaltijalle.

Valtioneuvoston asetuksen tuntimittausvelvoitteen mukaan sähköverkkoon liitetty sähkökäyttöpaikka tulee varustaa sähkökulutuksen mittaavalla mittauslaitteistolla, joka perustuu tuntimittaukseen ja mittauslaitteiston etäluentaan. Tuntimittausvelvoitteesta voidaan poiketa enintään 20 prosentissa sähkökäyttöpaikoista, jos sähkökäyttöpaikan pääsulakkeet ovat enintään 3 x 25 A tai pääsulakkeet ovat yli 3 x 25 A, mutta sähkökulutus on enintään 500 kWh vuodessa. Asetus vaatii sähkökäyttöpaikkaan asennettavalta tuntimittauslaitteistolta ja verkonhaltijan tiedonsiirtoyhteydeltä seuraavaa:

- Mittaustieto voidaan lukea laitteiston muistista viestintäverkon kautta.
- Yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohta rekisteröidään.
- Kykyä vastaanottaa ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin kuormanohjauskomentoja.
- Mittaustieto ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tallentuu verkonhaltijan tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto säilyy vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta.
- Mittauslaitteiston ja tietojärjestelmän tietosuoja on asianmukaisesti varmistettu.

Verkonhaltijan on luettava sähkökäyttöpaikan tuntimittauslaitteisto vähintään kerran vuorokaudessa ja toimittaa keräämänsä mittaustiedot asiakkaalle viimeistään samaan aikaan, kuin ne on luovutettu käyttäjän sähköntoimittajalle. Verkonhaltijan vastuuseen

kuuluu tarjota asiakkailleen yleisen aikajaotuksen mukaisia mittauspalveluita, joita ovat tuntimittaukseen perustuva, yksiaikasiirron, yö- ja päiväenergiaan perustuva sekä talviarkipäiväenergiaan perustuva mittauspalvelu. [1; 2; 3.]

## 2.2 Jakeluverkonhaltijoiden ohjeet

Jakeluverkonhaltijalla on velvollisuus myydä sähkösiirtopalveluita ja järjestää toimitetun sähkön mittaus. Jakeluverkonhaltijoilla saattaa olla ohjeita oman toimialueen sähköliittymistä ja mittareiden asennuksista, jotka tulee ottaa huomioon urakoinnissa ja suunnittelussa. Tässä työssä keskitytään vain pääkaupunkiseudulla toimivien Fortum Espoo Distribution Oy ja Helen Sähköverkko Oy verkonhaltijoiden ohjeisiin.

Sähköturvallisuuslaki määrää, että sähkölaitteistosta on tietyissä tapauksissa tehtävä rekisterinpitoilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle tai jakeluverkkoyhtiölle. Pääkaupunkiseudun jakeluverkkoyhtiöt vaativat, että sähkölaitteiston rakentaja tekee rekisterinpitoilmoituksen kaikista uusista liittymistä. Luokan 1a–2b sähkölaitteistoista tehdään ilmoitus verkonhaltijalle ja luokan 2c–3 turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKESille.

Jakeluverkkoyhtiö aloittaa sähkön toimituksen valmistelun, kun liittyjä on tehnyt mittarointipyynnön yleistietolomakkeella ja toimittanut vaadittavat piirustukset sekä tiedot kohteen sijainnista ja teknisistä seikoista. Toimitettavista piirustuksista, esimerkiksi nousujohtokaavio, tulee luotettavasti pystyä selvittämään mittaroinnit. Pienjänniteliittymissä mittarointi- ja kytkentäpyynnöt on tehtävä vähintään kaksi viikkoa ja suurjänniteliittymissä neljä viikkoa ennen toivottua verkkoon kytkentää. Liittäjän tulee toimittaa sähkösuunnitelmat ja keskustuvat verkkoyhtiön hyväksyttäväksi. Verkkoyhtiö vastaa perusmittalaitteiden eli mittarien, mittamuuntajien ja verkkokäskylaitteiden, ensiasennuksesta ja kunnossapidosta. Mittalaitteet sijoitetaan tilaan, johon jakeluverkonhaltijalla on esteetön pääsy. Tiedonsiirtoyhteyden varmistamiseksi mittarin luona on oltava riittävä GSM (Global System for Mobile Communications) -kenttä. GSM- eli radioverkon kentän on oltava vähintään -85 dBm. Kentän ollessa riittämätön, kenttä luodaan lisäantennin avulla.

Keskijänniteliittäjän asiakasmuuntamo on suunniteltava ja rakennettava siten, että se täyttää voimassa olevien SFS-standardien vaatimukset ja toimialan yleiset suositukset. Muuntamo tai keskijänniteliittymispiste tulee sijoittaa omaan erilliseen rakennukseen tai

maantasolla olevaan kerrokseen. Jos muuntamo tai liittymispiste sijaitsee maan tasolla olevassa kerroksessa, sen on oltava rakennuksen ulkoseinällä ja muuntamon oven tulee avautua suoraan ulos. Keskijännitekojeisto ja pienjännitepääkeskus tulee sijoittaa omiin erillisiin huoneisiinsa. Muuntamotilan suunnittelussa tulee huomioida, että tilan ja kennojen valaistus on riittävä sekä tilassa on suojamaadoitettu 16 A:n pistorasia. Helen Sähköverkko Oy ei suosittele yli 1 600 kVA:n muuntajia, mutta jos tätä suurempia muuntajia käytetään, asiasta on neuvoteltava verkkoyhtiön suojausinsinöörin kanssa.

Fortum hallinnoi alueellaan suurjänniteverkko-osuuden rakennuttamisen ja ylläpidon liittymiskohtaan saakka. Liittymispiste on asiakkaan omistaman muuntamon erottimen verkonpuoleiset liittimet. Helen Sähköverkko Oy:n urakointiohjeiden mukaan liittyjä vastaa kaapelireitin rakentamisesta hallinnoimallaan alueella, mutta liittyjän sähkösuunnittelija sopii ja hyväksyy kaapelireittisuunnitelman Helen Sähköverkko Oy:n sähköverkkosuunnittelijan kanssa. Verkkoyhtiön käyttöön asiakasmuuntamossa on varattava kaksi tai erikseen sovittavissa kolme kennoa. Alle kahden megawatin tehoinen muuntamo voidaan liittää verkkoon varokekuormanerotinta käyttäen. Tätä suuremmat muuntamot tai useamman muuntamon liittymissä käytetään releohjattua katkaisijaa. Muuntajan oikosulkusuojana toimivaa varokekuormanerotinta tai katkaisijaa voidaan käyttää pääkytkimenä, jos kyseessä on yhden muuntajan muuntamo. Jos muuntajia on useampia, niin silloin on käytettävä erillistä pääkatkaisijakennoa.

Jotta asiakkaan verkon viat eivät aiheuttaisi häiriöitä jakeluverkkoon, on asiakkaan suurjännitekaapelit suojattava ylivirta- ja maasulkusuojauksella. Liittymiskaapelin mitoituksessa tulee sähkösuunnittelijan mitoittaa ja urakoitsijan rakentaa liittymiskaapeli verkkoyhtiön edellyttämällä tavalla sekä otettava huomioon SFS 6000 -standardin mitoitusvaatimukset.

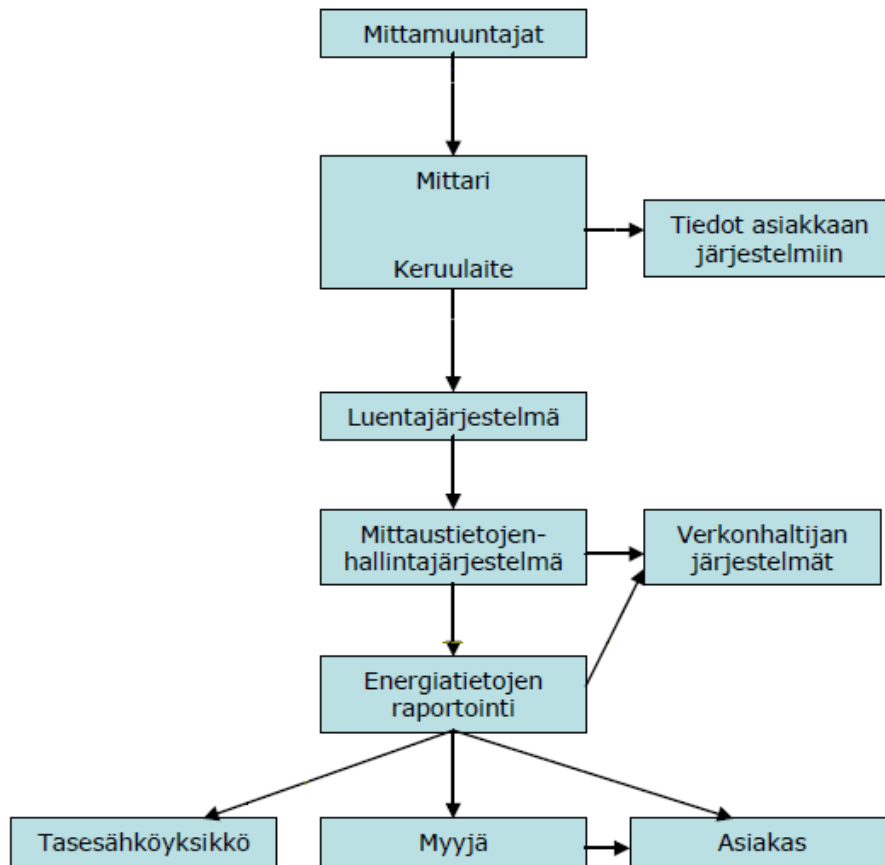
Kiinteistön päämittauksen tulisi sijaita suurjännitepuolella, mutta alamittaukset voivat sijaita pienjännitepuolella. Suurjännitepuolen mittauskennon laitteistot tulee saada jännitteettömäksi muuntajaerottimella tai katkaisijalla. Suurjännitemittauksessa käytetään kolmea virtamuuntajaa, jotka asennetaan kaikkiin vaiheisiin toisiopuolen muuntajakohdaisiin paluujohtimiin. Jännitemuuntajia on myös kolme, joiden liitäntöjen tulee sijaita energian kulkusuunnassa ennen virtamuuntajia. Jännitemuuntajien ensiöpiireissä ei saa käyttää erotinta tai suurjännitevarokkeita.

Verkkoyhtiöltä tulee varmistaa terminen ja dynaaminen oikosulkukestoisuus valittaessa mittamuuntajia. Näennäistehon perusteella määritetään virtamuuntajien muuntosuhde ja virtamuuntajaksi valitaan laskettua arvoa lähinnä oleva suurempi nimellisarvo. Suosituksena on, että virtamuuntajassa olisi kaksi ensiövirta-aluetta. Helen Sähköverkko Oy:n käyttämien virtamuuntajien toisiovirta on 5 A. Mittamuuntajia käytettäessä virta- ja jännitejohtimien tulee olla poikkipinnaltaan 2,5 mm<sup>2</sup>:n johtimia, ellei oikosulkukestoisuus, jännitehäviö tai johtimen aiheuttama kuorma vaadi suurempaa poikkipinta-alaa.

Usein sähköverkon kulutuslaitteet, muun muassa moottorit, purkauslamput ja muuntajat, tarvitsevat toimiakseen loistehoa pätötehon lisäksi. Loisteho voidaan ottaa sähköverkosta tai tuottaa kompensointilaitteistolla. Fortum sallii verkossaan uudeksi kompensointilaitteistoksi vain estokelaparistotyyppiset ratkaisut. Mahdolliset yliaallot suodattetaan yliaaltosuodattimilla. Päävarokkeen ollessa suurempi kuin 63 A loistehon kompensoinnille, mittareille, mittamuuntajille ja ohjausyksiköille suositellaan jättämään tila- varaus pääkeskukseen. Kompensointi asennetaan käyttöpaikkakohtaisesti mittauksen jälkeen. Ennen loisteholaitteiden suunnittelua tulee ottaa yhteyttä verkkoyhtiöön, mikäli ollaan alueella, jossa on käytössä verkkokäskyohjaus. Verkkokäskylaitteet saattavat vaatia estokelojen asentamista. [4; 5.]

### **3 Mittausjärjestelmät**

Etäluettavasta mittausjärjestelmästä käytetään myös nimityksiä AMM-järjestelmä (Automatic Meter Management) tai AMR-järjestelmä eli automaattinen mittarinluku (Automatic Meter Reading). AMM-järjestelmällä sähkönkulutusta voidaan seurata jatkuvasti ja mittauslaitteistoja voidaan etäohjata. Etäohjaus ja jatkuva kulutuksen seuranta luovat mahdollisuuksia parantaa sähkömarkkinoiden toimivuutta ja energiatehokkuutta. Pääpiirteittäin AMM-järjestelmän rakenne käsittää mittarinluennan, mittaustiedon siirron ja keräyksen mittaustietokantaan sekä mittaustiedon käsittelyn. Kuvassa 1 (ks. seur. s.) havainnollistetaan tarkemmin AMM-järjestelmän mittaus- ja tiedonsiirtoketjua.



Kuva 1. AMM-järjestelmän mittaus- ja tiedonsiirtoketju [3, s. 14]

Sähkönkäyttöpaikan mittauslaitteisto mittaa kulutuksen, josta mittaustieto kerätään tiedonsiirtoyhteydellä luentajärjestelmään ja mittaustietokantaan. Mittaustiedonhallintajärjestelmässä tapahtuu mittaustiedon käsittely ja virallisen tuntitiedon muodostus, jonka jälkeen mittaustieto on valmis raportoitavaksi sähkönmyyjälle ja sähkönkäyttäjälle.

Vaihtosähköenergian mittauslaitteistoihin, joihin kuuluvat mittarit ja mittamuuntajat sekä mittauspiireihin liittyvät johdot, riviliittimet, merkinnät ja muut suojalaitteet, sovelletaan Suomen standardisoimisliiton SFS 3381 -standardin määräyksiä. Standardin mukaan pienjänniteliittymien energianmittauksissa käytetään suoraa mittauksia, jos pääsulake on enintään 63 A, ja tätä suurempien pienjänniteliittymien sekä suurjänniteliittymien energianmittauksissa käytetään epäsuoraa mittauksia. Suoralla mittauksella tarkoitetaan mittauksia, jossa sähkönkäyttö kulkee mittarin läpi. Kun sähkönkulutus on suurta, käytetään epäsuoraa mittauksia, sillä mittarit eivät kestäisi kuormitusta. Epäsuorassa mittauksessa sähkönkulutuksen mittaamiseen käytetään mittamuuntajia, jolloin muuntosuhde tulee ottaa huomioon laskettaessa todellista energiakulutusta. [6; 7; 8.]

### 3.1 Mittamuuntajat

Suurilla virroilla ja jännitteillä käytetään epäsuoraa mittausta, koska mittareiden ja re-  
leiden rakentaminen tähän tarkoitukseen on vaikeaa ja kallista. Epäsuoramittaus toteu-  
tetaan mittamuuntajilla, joita käytetään sekä suojaukseen että mittaukseen. Mittamuun-  
tajat ovat nimensä mukaisesti erikoisrakenteisia, mittaamiseen tarkoitettuja muuntajia.  
Mittamuuntajia on kahdenlaisia: virtamuuntajia ja jännitemuuntajia. Mittamuuntajien  
tehtävänä on eristää mittauspiiri päävirtapiiristä sekä muuntaa virta ja jännite mittareille  
sopivaksi. Mittamuuntajat siis laajentavat mitta-alaa, jolloin mittauslaitteisto on edulli-  
sempi rakentaa. Mittamuuntajien tarkoituksena on myös suojata mittareita ja muita ko-  
jeita ylikuormitukselta.

Virtamuuntajan ensiön johdinkierrosluku on pieni ja toision suuri, jolloin ensiövirtaa  
saadaan pienemmäksi. Virtamuuntajan toision virta on yleensä 5 A. Virtamuuntajia  
käytettäessä, on syytä huomata, että toisiota ei koskaan saa jättää avoimeksi. Mikäli  
toision puolelta poistetaan mittari, toisio on oikosuljettava. Muuntaja kuumenee ja tu-  
houtuu toisiopiiriin jäädessä avoimeksi, sillä ensiövirta magnetoii rautasydämen nopeas-  
ti kyllästyneeksi. Kuumenemisen lisäksi toisioon muodostuu hengenvaarallisen suurui-  
nen jännite. Näistä syistä sulakkeiden ja kytkimien asentaminen toisioon on ehdotto-  
masti kiellettyä.

Virtamuuntajaa voidaan käyttää mittaukseen ja suojaukseen. Käyttötarkoituksen mu-  
kaan virtamuuntajalle valitaan muuntajasydän. Mittausvirtamuuntajalle valitaan sydän,  
jonka kyllästyminen rajoittaa mittareille ja kojeille menevän toisiovirran suuruutta oi-  
kosulkuutilanteessa. Suojausvirtamuuntajan sydämen valintaan vaikuttaa sydämen kyky  
toistaa ensiövirta riittävän hyvin vikatilanteessa. Virtamuuntajan sydän ei saa täysin  
kyllästyä, jotta suojalaitteet, esimerkiksi ylivirtareleet, toimisivat tarkoituksen mukaises-  
ti. Suurjännitteisissä virtamuuntajissa on yleensä useampia sydämiä, jolloin samaa  
virtamuuntajaa voidaan käyttää sekä mittaukseen että suojaukseen. Virtamuuntajan  
sydämillä on tällöin yhteinen ensiökäämi, mutta oma toisiokäämi. Virtamuuntajien eris-  
teaineena käytetään öljyä tai valuhartsia. Öljytäytteisiä virtamuuntajia käytetään yleen-  
sä ulkoasennuksissa, kun taas sisäasennuksissa virtamuuntajan eristeenä on yleensä  
valuhartsi.

Jännitemuuntajan ensiön johdinkierrosluku on suuri ja toision pieni, jolloin ensiöjännite saadaan muunnettua pienemmäksi toisiojännitteeksi. Suomessa jännitemuuntajan toision nimellisjännitteenä käytetään yleensä 100 V. Päinvastoin kuin virtamuuntajassa, jännitemuuntajan toisiokäämiä ei saa oikosulkea. Oikosulku aiheuttaa toisioon suuren virran, joka tuhoaa toisiokäämityksen. Oikosulun estämiseksi toisio varustetaan sulakkeella. Toisiokäämin käyttö voidaan jännitemuuntajan käyttötarkoituksen mukaan jakaa seuraaviin eri tapauksiin:

- mittauskäämi mittaukseen
- suojauskäämi suojaukseen ja mittaukseen
- avokolmiokäämi maasulkusuojaukseen.

Maasulkusuojaukseen käytettävä avokolmiokäämi koostuu kolmesta yksivaiheisesta jännitemuuntajasta, jotka muodostavat kolmivaiheeryhmän. Kolmivaiheeryhmien toisiokäämit kytketään avokolmioksi eli kolmiokytkennän yksi kulma jätetään auki. Yleensä jännitemuuntajat ovat yksivaiheisia, mutta suurilla jännitteillä käytetään sarjaan kytkettyjä kondensaattoreita pienentämään ensiön suurjännite jännitemuuntajalle sopivammaksi. Jännitemuuntajien eristeaineena käytetään öljyä ja valuhartsia. [9, s. 47–59.]

### 3.2 Sähköenergiamittarit

Kuten jo aiemmin todettiin, tulee sähkönkäyttöpaikka olla varustettu sähkökulutuksen mittaavalla mittauslaitteistolla. Myös sähköliittymään kuuluvat useat sähkönkäyttöpaikat, tulee varustaa erikseen käyttöpaikkakohtaisella mittauslaitteistolla.

Tuntimittauslaitteistoa kytkettäessä tulee ottaa huomioon tiedonsiirtoyhteyden toimivuus, kun sähköt on katkaistu sähkökeskuksen pääkytkimeltä. Mittalaite pyritään sijoittamaan energian toimituspisteeseen, mutta aina tämä ei ole mahdollista. Tilanteita, joissa mittauspiste ja toimituspiste eroavat toisistaan, ovat esimerkiksi mittamuuntajien ja toimituspisteen sijainti jakelumuuntajan eri puolilla tai keskijänniteliittymän mittaus sijoitetaan muuntamon pienjännitepuolelle. Mittalaite tulisi, aina kun mahdollista, asentaa pääsulakkeiden ja pääkytkimen väliin. Tällöin mittarin etähallinta ja verkon tilan seuranta toimii vaikka mittauskeskuksen pääkytkin olisi avattu.

Tuntimittauslaitteet mittaavat pätöenergiaa sekä joissakin tapauksissa myös loisenergiaa. Tuntimittauslaitteet voivat edellisten lisäksi mitata myös joitakin sähkönlaatuominaisuuksia. Tunnin välein mittalaite mittaa ja rekisteröi laitteen muistiin kumulatiivisia lukemia eli tuntilukema tai keskituntitehoja eli tuntiteho. Nykyaikainen älykäs sähköenergiamittari on elektroninen mittalaite, joka mittaa vaihejännitteet ja -virrat. Mitattujen vaihevirtojen ja -jännitteiden perusteella lasketaan kulutettu pätöteho. Sähköenergiamittari sisältää muun muassa seuraavat osat: mittaussiirit vaihevirtojen ja vaihejännitteiden mittaukseen, prosessorit mittaustoimintoja ja tiedonkäsittelyä varten, muistia parametrien ja mittaustietojen säilytystä varten sekä modeemi tiedon siirtoa varten.

Sähköenergiamittarin näytön on oltava selkeä, yksiselitteinen ja helposti luettavissa. Verkonhaltija voi ohjelmoida mittalaitetta etäyhteyden kautta, esimerkiksi etäyhteydellä voidaan ohjelmoida kulloinkin käytössä oleva siirtotuote. Tällöin myös mittarin näytön tulee näyttää valitun siirtotuotteen mukaista lukemaa. Jos kohteessa on huomattavan usein sopimusmuutoksia, mittalaite on syytä varustaa etäkatkaisu- ja etäkytkentätöinnolla. Kun sähkö katkaistaan sähkötöiden vuoksi, etäkytkentälaitetta ei kuitenkaan saa käyttää erotuslaitteena, sillä etäkytkentälaitteessa ei ole sähköturvallisuusmääräysten mukaista ilmapäilyä eikä näkyvää auki asennon lukitusta. [2; 3; 7; 10.]

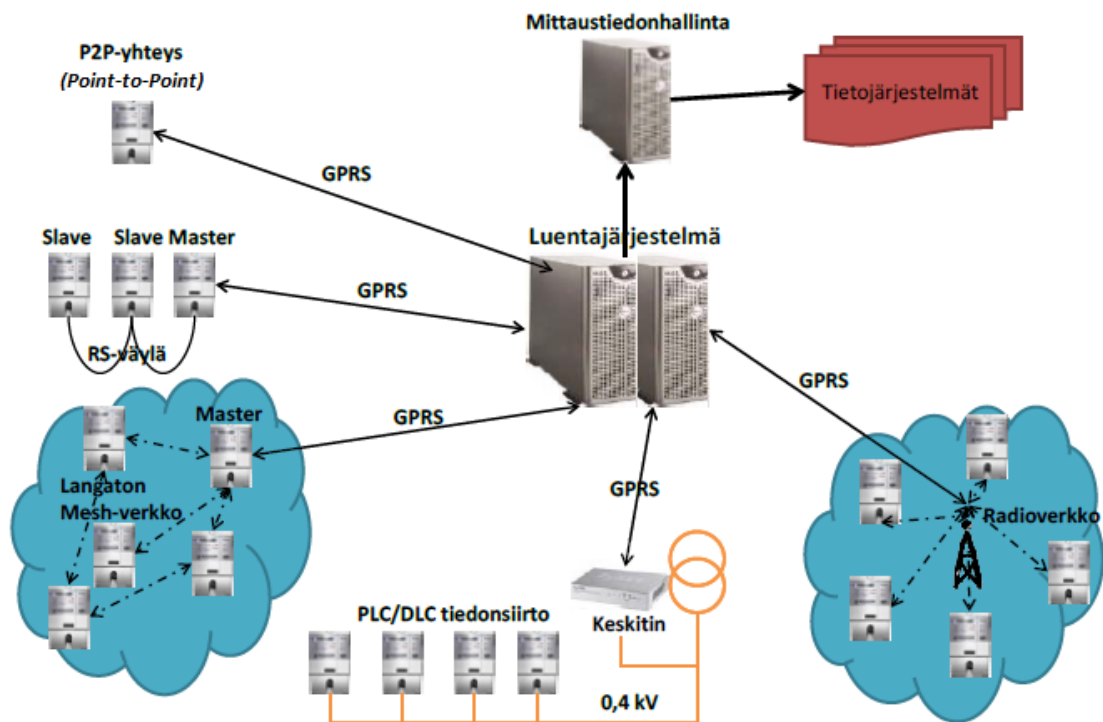
Helen Sähköverkko Oy:n ja Fortum Distribution Oy:n käyttämissä mittareissa tai niiden käyttöohjeissa on maininta sähköjen pois kytkennästä:

Jos haluatte katkaista sähköt asunnostanne, tehkää se ensisijaisesti mittarin kytkentälaitteen painikkeesta. Tällöin mittarin tiedonsiirtoyhteys ei katkea ja lukemat pystytään etälukemaan. Sähkötöiden ajaksi sähkö tulee katkaista asunnon pääkytkimestä tai avaamalla työkohteen sulakkeet. [11.]

### 3.3 Tiedonsiirtoyhteydet

AMM-järjestelmän tiedonsiirtoyhteyden tulee olla kaksisuuntainen. Tiedonsiirtoyhteyksien ja järjestelmien valinnassa olisi syytä huomioida, että mittalaitteen rekisteröimät tiedot voidaan lukea sekä automaattisesti että erillisestä käskystä ja tiedonsiirto onnistuu kaikkina vuorokauden aikoina. Huomioon otettavia asioita ovat myös valmius välittää muun muassa hälytyksiä mittarilta verkonhaltijan järjestelmään sekä ohjauksia verkonhaltijan järjestelmästä mittauslaitteistolle.

AMM-järjestelmän tiedonsiirto voidaan jakaa pitkän kantaman ja lyhyen kantaman tiedonsiirtoon. Pitkän kantaman tiedonsiirrolla tarkoitetaan laajalla alueella olevien yksittäisten mittarien ja keskittimien yhdistämistä luentajärjestelmään. Lyhyen kantaman tiedonsiirrolla tarkoitetaan, että useilla lähellä toisiaan sijaitsevilla mittareilla on yksi jaettu pitkän kantaman tiedonsiirtoyhteys. AMM-järjestelmän tiedonsiirtoyhteydet voidaan toteuttaa monilla eri tekniikoilla. Näitä ovat esimerkiksi kaksipisteyhteys (*point-to-point*), väylä- ja keskitinratkaisu.



Kuva 2. Tiedonsiirtojärjestelmät [3, s. 26]

Kuvassa 2 on esitetty joitakin vaihtoehtoisia tiedonsiirtotapoja. Pitkän kantaman tiedonsiirtoyhteys on toteutettu yleisimmin langattomana, GPRS-matkapuhelinverkkoa (General Packet Radio Service) käyttäen. *Point-to-point*-yhteys eli kaksipisteyhteys yhdistää suoraan yksittäisen mittarin ja luentajärjestelmän, jonka vuoksi se sopii hyvin käytettäväksi harvaan asutuilla alueilla. Lyhyen kantaman tiedonsiirto perustuu keskitinratkaisuun, joka voidaan toteuttaa langattomana, sähköverkkotiedonsiirtona tai väyläratkaisuna. Väyläratkaisussa toisiaan lähemmäs sijaitsevat mittarit ovat kiinteästi johdotettu toisiinsa tietoliikenneväylällä, ja yksi mittari toimii keskitimenä (*Master*), joka on yhteydessä luentajärjestelmään. Väyläratkaisu sopii usein esimerkiksi kerrostaloihin, jossa eri huoneistojen mittarit on usein sijoitettu yhteiseen mittaritilaan. PLC (Power Line

Carrier) / DLC (Distribution Line Carrier) eli sähköverkkotiedonsiirtoyhteys käyttää pienjänniteverkkoa tiedonsiirtoon, jolloin mittarit eivät tarvitse erillistä johdotusta tiedonsiirtoa varten. Keskitin voidaan sijoittaa muuntamolle, minkä vuoksi sähköverkkotiedonsiirto soveltuu käytettäväksi taajama-alueilla.

Radioverkko voi olla tähtiverkko tai *mesh*-verkko. Tähtiverkossa mittari kommunikoi vain tukiaseman kanssa, kun taas *mesh*-verkossa mittarit voivat kommunikoida keskenään. *Mesh*-verkko voi sisältää mittareita, jotka välittävät sekä omaa että muiden tietoa eteenpäin ja mittareita, jotka lähettävät vain omia tietoja. Mittarit ovat yhteydessä useisiin muihin mittareihin, jolloin niiden välille muodostuu useita eri reittivaihtoehtoja. Tämän etuna on se, että yhden reitin vikaantuessa tiedonsiirto ei silti esty. *Mesh*-verkko on niin sanotusti itseorganisoituva verkko, jossa mittarit osaavat itse hakea paikkansa. Sen vuoksi verkon laajentaminen on helppoa, kuten myös mittarin poistaminen verkosta. *Mesh*-verkolle ominaista on mittarien tiheys, jonka vuoksi se soveltuu käytettäväksi alueilla, jossa on useita mittareita lähellä toisiaan. [3; 12; 13.]

#### 3.4 Mittaustietojenhallintajärjestelmä ja tietojen raportointi

Mittaustietojenhallintajärjestelmä on jakeluverkon haltijan virallinen mittaustietojen tallennuspaikka, jossa mittauslaitteistolta kerätyistä tuntitiedoista lasketaan myyjille välitettävät tunneittaiset energiat eli tuntitehot. Verkonhaltijan tulee säilyttää tuntikohtaiset tiedot vähintään kuusi vuotta. Tuntitiedot tulee toimittaa alustavasti sähköön myyjille sähköön toimitusta seuraavana päivänä, ja lopulliset ilmoitukset on tehtävä 14 päivän kuluessa toimituspäivästä.

Asiakkaan käyttöön kulutustiedot tulee luovuttaa, toimialan ja verkonhaltijan yleisesti noudattamalla menettelytavalla, samaan aikaan kuin tämän sähköön toimittajalle. Verkonhaltijan tarjoama online-palvelu on yleisesti käytössä oleva ja mittausasetuksen mukainen mittaustietojen raportointiin käytettävä menettelytapa. Pääkaupunkiseudulla, verkonhaltijan toimialueesta riippuen, asiakas saa kulutustietonsa tuntitasolla käyttöönsä Helsingin Energian Sävel Plus-palvelulla ja Fortumin Valpas-palvelulla. Sähköön myyjän tulee kerran vuodessa antaa asiakkaalleen tämän energiankäytöstä raportti, josta selviää muun muassa energiankulutus raportin ajanjaksolta ja kulutuksen vertailutietoja muihin vastaaviin kuluttajiin verrattuna. [2; 3.]

## 4 Rakennusten energiatehokkuus

### 4.1 Energiatehokkaat suunnitteluratkaisut

Ilmaston lämpeneminen ja kasvihuoneilmiö ovat puhuttaneet jo pitkään. Ihmisten teot vaikuttavat ilmastoon ja suurimmaksi haittojen aiheuttajaksi on huomattu ihmisen ilma-kehään päästämät kasvihuonekaasut. Näistä kasvihuonekaasuista yleisin on hiilidioksidi, jota syntyy fossiilisten polttoaineiden palamistuotteena, esimerkiksi energiantuotannon päästöinä. Tilastokeskuksen mukaan energian kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2011 oli 385,6 TWh, ja energian tuotannon sekä käytön hiilidioksidipäästöt olivat 51,7 miljoonaa hiilidioksiditonnia.

Yhdistyneet kansakunnat ja Euroopan unioni pyrkivät tekemään sitovia sopimuksia, joilla voitaisiin vähentää ihmisten aiheuttamia kasvihuonepäästöjä. Euroopan unioni on asettanut ilmasto- ja energiatavoitteeksi vähentää päästöjä 20 %:lla, nostaa uusiutuvan energian osuus 20 %:iin, parantaa energiatehokkuutta 20 %:lla ja lisätä liikenteen biopolttoaineiden osuus 10 %:iin vuoteen 2020 mennessä. EU:ssa on todettu kustannustehokkaimmaksi ja tärkeimmäksi päästöjen vähentämistavaksi energiansäästön ja energiatehokkuuden. Energiatehokkuutta on parannettava uudisrakentamisessa, olemassa olevissa rakennuksissa ja korjausrakentamisessa.

Uudisrakentamisessa pyritään vähentämään sähkön ja lämmön kulutusta matalaenergiarakentamisella. Rakennusten lisäeristyksistä, ikkunoiden ominaisuuksista ja rakennusten tiivyydestä on puhuttu paljon, mutta myös talotekniikan parantamisella voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä kiinteistön energiankulutukseen. Energiankulutusta voidaan vähentää talotekniikan tarpeenmukaisella käytöllä sekä valitsemalla energiatehokkaat järjestelmät ja laitteet.

Automaatio on erittäin keskeisessä asemassa pyrittäessä energiatehokkuuteen, mutta sen luomia säästömahdollisuuksia ei aina hyödynnetä riittävästi, sillä sen merkitystä energiatehokkuuden parantamisessa ei osata arvioida. Kuitenkin laitteiden käyttö, ohjaus ja seuranta olisivat käytännössä mahdotonta ilman automaatiota, ja silloin ei välttämättä saada täyttä hyötyä muista energiaa tehokkaasti käyttävistä ratkaisuista.

Rakennusautomaatio on tarkoitettu taloteknisten järjestelmien ohjaukseen, säätöön, seurantaan, optimointiin, käyttöön ja hallintaan. Kun suunnittelussa riittävässä määrin huomioidaan järjestelmän mahdollisuudet, niin automaatiojärjestelmä takaa rakennuksesta energiatehokkaan, taloudellisen ja turvallisen. Energiankulutus pidetään pienenä keräämällä kiinteistön toiminnasta kulutus-, olosuhde- ja käyttötilainformaatiota. Rakennuksen ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen sekä valaistuksen ohjaukset ja valvonnat hoidetaan todellisen tarpeen mukaan. Esimerkiksi valaistusta ohjataan paikallaoloanturilla, eli valot eivät ole päällä, jos tilaa ei käytetä. Automaatiojärjestelmään liitetyt järjestelmiä ohjataan läsnäolo- ja kulunvalvontatietojen sekä tilojen ilmanlaatu-, lämpötila-, kosteus- ja valonvoimakkuusmittauksien avulla. Suunnittelijalta vaaditaan rakennusautomaation tuntemusta ja energiatehokkaan käytön osaamista, jotta rakennusautomaation ominaisuuksista saataisiin täysi hyöty.

Sähköjärjestelmien suunnitteluun vaikuttaa ympäristöministeriön energiatehokkuusmääräysten velvoite varustaa rakennukset energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella niin, että eri energiamuotojen kulutus voidaan selvittää helposti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennukset varustetaan

- sähköenergian mittauksella, josta saadaan tieto rakennuksen sähköenergian kokonaiskulutuksesta
- lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittauksella
- lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja tarvittaessa myös käyttöveden kiertopiirin paluupuolen vesivirran ja lämpötilan mittauksella
- ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksen mittauksella, lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja, jolloin järjestelmän ominaissähköteho tulee olla helposti mitattavissa
- jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutuksen mittauksella, ja järjestelmän ottaman sähkötehon ja jäähdytysenergian tulee olla helposti mitattavissa
- valaistusjärjestelmän sähkönkulutuksen mittauksella.

Jos mittauksen rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksen mukaiseksi, niin mittauksesta voidaan luopua. Rakennuksen energiatehokas käyttö ja ylläpito edellyttävät energiansäästöä sekä kulutuksen seuranta ja raportointia. Kulutuksen seuranta sekä kiinteistöjen kaikkien laitteiden vastaanoton ja yhteiskoekäytön teko määritellään jo suunnittelun aikana. Yhteiskoekäytöllä tarkoituksena on varmistaa, että kaikki kiinteistön laitteet toimivat halutulla tavalla. Suunnittelija laatii koekäyttöohjelman, josta selviää

kenelle kuuluu vastuu koekäytön suorittamisesta, rakennusautomaatiojärjestelmään kerättävät tiedot ja koekäytön raportointitapa.

Kulutusta on aikaisemmin seurattu pääkulutusten osalta, joita ovat lämmitysenergia, sähköenergia ja vedenkulutus. Energiankulutuksen seuranta voidaan tarkentaa selvittämällä osakulutuksia. Sähkönkulutuksen mittauksissa osakulutustilaukset voi olla jaoteltu esimerkiksi ryhmiin kiinteistösähkö, työpisteiden pistorasiat, valaistus, LVI, keittiölaitekuorma ja laboratoriolaitekuorma.

Kulutustilauksien perusteella laaditaan kulutustietoraportteja, joita voidaan tehdä rakennusautomaation ohjelmalla tai erillisellä raportointijärjestelmällä. Myös useat yritykset tarjoavat kulutusseuranta- ja raportointipalveluja hyödyntäen energialaitoksilta hankittuja kulutustietoja. Yritysten tarjoamat raportit eivät välttämättä ole riittävän kattavia, mikäli raportit on luotu pelkästään kulutustietojen perusteella, ilman tietoa kiinteistön olosuhteista. Pelkän kulutusraportin perusteella ei voida päätellä, käytetäänkö kiinteistöä energiatehokkaasti, sillä kulutustiedot eivät kerro mistä kulutusmuutokset johtuvat. Esimerkiksi kulutus voi olla pienentynyt, mutta työskentelyolosuhteet ovat huonontuneet jopa niin, että tiloissa työskentelevien työtehokkuus on vähentynyt.

Rakennusten käyttötarpeet saattavat muuttua vuosien kuluessa, joten jo suunnitteluvaiheessa kannattaa huomioida muunneltavuus. Kiinteistön talo- ja tietotekniikka tulisi helposti voida muuttaa vastaamaan uutta käyttötarkoitusta. Tilojen jakaminen, yhdistäminen tai käyttötarkoituksen muuttuminen voi aiheuttaa tarpeen muuttaa myös tilojen ilmamääriä, valaistus- lämmitys- ja jäähdytysolosuhteita sekä kulunvalvontaa, työajanseurantaa, tietoliikenteenryhmitystä ja murtovalvontaa.

Rakennukset voidaan rakentaa moduuliperiaatteella, jolloin muutosten tekeminen on helpompaa. Tällöin rakennus jaetaan moduuleihin, joita voidaan yhdistellä tai jakaa. Jokaisen moduulin talotekniikka on itsenäinen kokonaisuus, joka sisältää säädettävän ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen sekä valaistuksen. Talo- ja tietotekniikkaa tulee voida ohjelmoida toimimaan automaattisesti niin perusmoduulissa kuin useiden moduulien yhdistelmässä. Tämän ansiosta tilojen muutokset saadaan aikaan helposti vain kevytrakenteisia seiniä siirtämällä ja muut tekniikan muutokset ohjelmallisesti. Tällaisen helposti muunneltavan rakennuksen rakennuskustannukset ovat suuremmat kuin perinteisen rakennuksen, mutta muunneltava rakennus on markkinoitavissa helpommin ja paremmalla hinnalla erilaisille käyttäjäryhmille.

Rakennuksen suunnittelua varten on projektille määriteltävä sähköenergian kulutustavoite (kWh/m<sup>2</sup>, a) ja energiansäästöön tähtäävät päätökset jo tarve- ja hankeselvitysvaiheessa. Tavoitetta asetettaessa tulee huomioida, että maankäyttö- ja rakennuslain mukaisessa rakennuslupaehdossa saattaa olla asetettu vaatimuksia energiankulutukselle.

Suunnitteluvaiheeseen kuuluu selvittää kohteen laskennallinen teho eli huipputeho. Suunniteltaessa keskijänniteliittymää, pyritään liittymän jännitetaso mitoittamaan nimellijännitteeseen. Suunnittelussa on jatkuvasti kiinnitettävä huomiota valittavien laitteiden ja järjestelmien energiatehokkuuteen ja toteutusvaiheessa on huolehdittava, että toimitetut laitteet ovat vaaditun energiatehokkuusluokan mukaiset. Sähköyhtiöt ovat esittäneet mallin, jossa myös kuluttajien sähkönhinta määräytyisi pohjoismaisen sähkön pörssihinnan mukaan. Tästä johtuen olisi järkevää rajoittaa tehoa ajanhetkinä, jolloin sähkö on kallista. Tehon rajoittamista varten onkin suositeltavaa ryhmitellä laitteet, että tarvittaessa voidaan pudottaa osa kuormista pois. Sähkö- ja LVI-suunnittelijoiden tehtäviin kuuluu yhteistyössä määrittellä miten kuormat ryhmitellään.

Sijoittajille, viranomaisille ja käyttäjille on laadittu energiatodistuksia ja erilaisia ympäristösertifikaatteja helpottamaan rakennusten ja rakennushankkeiden energiatehokkuuden vertailemista. Näistä Suomessa yleisimmin käytössä olevia ovat lain edellyttämä energiatodistus ja erilaiset vapaaehtoiset ympäristösertifikaatit. Uutena tulokkaana on Suomessa kehitetty ja vasta äskettäin julkaistu kiinteistöpassi. [14; 15.]

#### 4.2 Energiatodistus

Euroopan unioniin kuuluvissa maissa on käytössä energiatodistus, mutta se on kuitenkin kansallisesti toteutettu. Suomessa energiatodistus on tähän asti vaadittu uudisrakentamisessa. Kesällä 2013 otetaan käyttöön energiatodistus myös vanhoissa pientaloissa, kun uudisrakennuksilla se on ollut käytössä jo vuodesta 2008 ja suurissa olemassa olevissa rakennuksissa vuodesta 2009. Tosin olemassa olevat rakennukset tarvitsevat energiatodistuksen vain myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatodistuksen tarkoitus on toimia työkaluna, jolla tehdään rakennusten energiatehokkuuden vertailu helpommaksi.

Energiatodistusta koskevaa lakia on päätetty uudistaa, koska rakennusten energiatehokkuuden vertailu on ollut hankalaa, johtuen useista erilaisista todistuslomakkeista, laatimistavoista, laatijoista ja voimassaoloajoista. Vertailukelpoinen ja luotettava todistus pyritään luomaan uudistuksilla, joiden jälkeen käytössä olisi yksi lomake ja yksi tapa määrittää energiatehokkuus. Arvioinnin tekijät olisivat ammattitaitoisia ja pätevöityneitä sekä rekisteröity laatijarekisteriin. Todistuksen voimassaoloajaksi on kaavailtu 10 vuotta ja ehkä tulevaisuudessa saataisiin sähköinen rekisteri, jossa energiatodistukset olisivat julkisesti nähtävillä. Lakiuudistuksien myötä siitä saataisiin helposti ymmärrettävä ja selkeä todistus rakennuksen energiatehokkuudesta. Ympäristöministeriö hyväksyi uudet lait 18.1.2013, ja ne astuvat voimaan kesäkuussa 2013.

Energiatodistuksen tarkoituksena on pystyä vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta ilman käyttäjien käyttötottumusten vaikutusta. Eli se tarjoaa tietoa, joka perustuu puhtaasti rakennuksen teknisiin ominaisuuksiin. Energiatodistus laaditaan yleensä koko rakennukselle, mutta se voidaan laatia myös pelkälle rakennuksen osalle, jos rakennuksen osien käyttötarkoitukset eroavat merkittävästi toisistaan. Energiatodistuksen laadintaa varten on selvitettävä ja arvioitava seuraavat rakennuksen rakennusosat ja tekniset järjestelmät:

- ulkoseinät, ulko-ovet, ikkunat, ylä- ja alapohja sekä muut rakenteet
- valaistusjärjestelmä
- käyttövesijärjestelmä
- ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- sähköiset erillislämmitykset
- muut rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat järjestelmät.

Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia asioita ovat kesäajanhuonelämpötilan hallinta, rakennusvaipan ilmanpitävyys, rakennusosien lämmönläpäisykertoimet, rakennuksen lämpöhäviöt ja ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus. Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on huomioitava tilojen lämpöviihtyvyys. Tilat eivät saa liiallisesti lämmentä, esimerkiksi kesällä huonelämpötila saattaa helposti nousta suositeltua korkeammaksi. Liiallista lämpenemistä pyritään estämään käyttämällä rakenteellisia keinoja ja tehostettua ilmanvaihtoa yöaikaan. Sopiva lämpöviihtyvyys eri

tilatyypeille varmennetaan tekemällä lämpötilalaskennat kesäajan huonelämpötiloille. Laskennat tehdään tilatyypeille, joissa on eniten lämpökuormia. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi etelä- ja länsijulkisivujen tilat, suurilla lasipinnoilla varustetut tilat tai suurilla laitekuormilla varustetut tilat. Toimitilarakennuksissa tällaisia tyyppitiloja ovat esimerkiksi toimistohuone, avotoimisto, neuvotteluhuone tai muu vastaava tila.

Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa suuresti erilaiset lämpöhäviöt. Pienentämällä lämpöhäviöitä, rakennuksen energiatehokkuus parantuu. Lämpöhäviöitä aiheutuu rakennuksen vaipasta, vuotoilmasta ja ilmanvaihdosta. Rakennusvaipan sekä tilojen välisten rakenteiden ilmanpitävyyden tulee olla hyvä, eikä vuotokohtien ilmavirtaukset saa aiheuttaa haittaa rakennuksen rakenteille, käyttäjille tai energiatehokkuudelle. Lämpöhäviöiden mukaan mitoitetaan rakennuksen lämmityksen tarve. Nettolämmitys-tarve saadaan vähentämällä lämmitystarpeesta esimerkiksi auringon aiheuttamat lämpökuormat. [16; 17; 18.]

#### 4.2.1 E-luvun laskenta

Rakennuksen energialuokitus perustuu rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen, joka ilmaistaan E-luvulla. E-luku lasketaan jokaiselle rakennukselle tai erikseen rakennuksen osille. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku ei kuvaa rakennuksen todellista energian kulutusta, vaan se toimii rakennuksen energiatehokkuudesta kertovana tunnuslukuna.

Ympäristöministeriö on asetuksessaan määrännyt E-luvun laskentasäännöt. E-luvun laskentaa varten rakennukset ja tilat on jaettu yhdeksään eri käyttötarkoitukseluokkaan. Toimistorakennukset kuuluvat luokkaan 3. E-luvun laskenta lähtee liikkeelle rakennuksen rakennusosien ja teknisten järjestelmien ominaisuuksien selvittämisestä. Selvityksestä saadut tiedot toimivat laskennan lähtöarvoina, ellei laskentasäännöissä ole muuta määrätty. Rakennusosien ja teknisten järjestelmien ominaisuuksien lähtöarvot saadaan yleensä rakennuksen suunnittelu-arvoista, asiakirjoista ja piirustuksista tai tarkastuksen yhteydessä selvitetystä arvoista. Myös rakennusluvan myöntämisen aikana voimassa olleista rakentamismääräyksistä tai rakennushankkeessa noudatetuista ohjeista voidaan määritellä lähtöarvot.

Rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen perustuva E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. Taulukossa 1 esitetään energiamuotokertoimet eri ostoenergian muodoille.

Taulukko 1. Energiamuotojen kertoimet [16]

	Kerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Rakennuksen ostoenergia on energiaa, jota hankitaan muun muassa sähkö-, kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkoista sekä uusiutuvana tai fossiilisena polttoaineena. Uusiutuvalla omavaraisenergialla ei ole energiamuotokerrointa, sillä se pienentää ostoenergian määrää. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on rakennukseen kuuluvalla laitteistolla paikallisista uusiutuvista energialähteistä tuotettu uusiutuva energia, esimerkiksi tuulienergia, aurinkoenergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. Uusiutuvaan omavaraisenergiaan ei kuitenkaan kuulu rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet. E-luvun laskennassa omavaraisenergiasta huomioidaan osuus, joka pienentää ostoenergian määrää, mutta ei ulkopuolisiin energiaverkkoihin syötettyä energiaa.

E-luvun laskennassa lämmitetty nettoala voidaan määrittellä kahdella tavalla. Se on joko ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettu lämmitettyjen kerrosalojen summa tai ulkoseinien rakennusosa-alalla vähennetty lämmitetty bruttoala. Lämmittämättömiä tiloja ei huomioida laskennassa, mutta puolilämpimät tilat luetaan lämpimiksi tiloiksi, jolloin ne tulee huomioida nettoalassa. Puolilämpimiä tiloja ovat muun muassa ullakot, varastot ja muut vastaavat tilat.

Standardikäytöllä tarkoitetaan rakennuksen vakioitua käyttöä. Standardikäytössä huomioidaan ilmanvaihdon käyntiaika, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö sekä ihmisistä tuleva lämpökuorma. Laskennassa tehdään oletus, että valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuorma on yhtä suuri kuin niiden sähkönkäyttö. Rakennuksen

energiankulutuksia laskettaessa selvitetään ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien sekä niiden apulaitteiden energiankulutukset, mutta myös kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutukset.

Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta tarvitaan laskettaessa ilmanvaihtojärjestelmän lämmitysenergian nettotarvetta, joka määräytyy ilman lämmitystarpeen mukaan. Ilmaa voidaan lämmitellä lämmöntalteenoton jälkeen tuloilman lämpötilaan tai ennen lämmöntalteenottoa jäähtymisen estämiseksi. Laskettaessa ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutusta tarvitaan puhaltimien ja apulaitteina toimivien pumppujen, taajuusmuuttajien ja säätölaitteiden, ominaissähkötehot.

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus lasketaan hyödyntämällä lämmitysjärjestelmän lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhdetta. Vuosihyötysuhteena käytetään joko taulukkoarvoja tai rakennuksen tarkastuksessa selvitettyä vuosihyötysuhdetta. Myös lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkökulutuksen laskemiseen tarvittava ominaissähkökäyttö saadaan taulukosta tai rakennuksen tarkastuksesta. Apulaitteiden sähkökulutus saadaan ominaissähkökäytön ja lämmitetyn nettoalan avulla. Mikäli rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, niin sen energiankulutus lasketaan jäähdytysenergian tuoton ja sen apulaitteiden sähkökulutuksena. [18.]

#### 4.2.2 Energiatehokkuusluokat

Energiatodistuksessa (liite 1) kerrotaan rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia, laite- tai kiinteistösähkö, jäähdytysenergia sekä niiden pohjalta laskettu, nettoalaan suhteutettu kokonaisenergiankulutus. Myös toteutuneen ostoenergiankulutuksen ilmoittaminen on pakollista, mikäli tieto on saatavilla. Todistuksessa annetaan suosituksia energiansäästöön ja energiatehokkuutta parantaviin toimiin. Toimenpidesuosituksia voidaan antaa myös rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon, jolloin ne mahdollisesti vaikuttavat toteutuneeseen energiankulutukseen. Tällaisia toimenpidesuosituksia voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon tai jäähdytyksen puutteellisen toiminnan korjaaminen ja käyttöajan lyhentäminen. Näiden lisäksi todistuksessa ilmaistaan rakennuksen perustiedot ja tarvittaessa myös muita tietoja rakennuksen energiatehokkuudesta ja ympäristöominaisuuksista.

Rakennuksen energiatehokkuus ilmoitetaan, kuten useiden elektroniikkalaitteiden energiatehokkuus, energiatehokkuusluokilla A–G, joista luokka A on energiatehokkain. Energiatehokkuusluokka määräytyy rakennuksen käyttötarkoitukseluokan ja rakennukselle lasketun E-luvun mukaan.

Taulukko 2. Toimistorakennuksen luokitusasteikko [18]

Energiatehokkuusluokka	E-luku (kWh/m <sup>2</sup> , a)
A	E-luku ≤ 80
B	81 ≤ E-luku ≤ 120
C	121 ≤ E-luku ≤ 170
D	171 ≤ E-luku ≤ 200
E	201 ≤ E-luku ≤ 240
F	241 ≤ E-luku ≤ 300
G	301 ≤ E-luku

Jokaiselle käyttötarkoitukseluokalle on oma energiatehokkuuden luokitusasteikko, sillä E-luku vaihtelee suurestikin eri rakennustyyppien mukaan. Taulukosta 2 voitiin nähdä käyttötarkoitukseluokan 3 eli toimistorakennusten energiatehokkuusluokan määräytyminen. Uudisrakennetun toimistorakennuksen energiatehokkuusluokan on oltava vähintään C, eli E-luku ei saa ylittää 170 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. [17; 18; 19.]

## 5 Ympäristöluokitusjärjestelmät

### 5.1 Kiinteistöpassi

Green Building Council Finland -organisaatio on kehittänyt ”Rakennusten elinkaarimittarit”. Elinkaarimittarien kehittämisen lähtökohtana on ollut toimintaohjelma rakennetun ympäristön energiankäytön tehostamisesta ja päästöjen alentamisesta. Toimintaohjelman on luonut yhteistyössä Sitra (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto), Tekes (Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus) ja ympäristöministeriö. Rakennusten elinkaarimittarit edistävät kestävästä kehitystä ja tarjoavat säännöt ympäristötehokkuuden mittaamiseen ja tiedon keräämiseen.

Elinkaarimittarien tarkoituksena on kannustaa rakentamaan ympäristöystävällisempiä ja käyttäjille terveellisempiä rakennuksia, jotka ovat omistajilleen myös kannattavia

sijoiuskohteita. Mittaristo on kehitetty suomalaisen lainsäädännön ja eurooppalaisen rakennusalan ympäristöstandardien pohjalta. Mittarit soveltuvat sekä rakennusten suunnittelu- että käyttövaiheeseen, ja niitä voidaan käyttää niin yksittäisissä rakennuksissa kuin suurissa kiinteistömassoissa, sillä mittareista voi hyödyntää yhtä tai useampaa omaan toimintaan soveltuvaa elinkaarimittaria.

Rakennusten elinkaarimittarit huomioivat ilmastovaikutukset, energian kulutuksen, taloudellisuuden ja käyttäjien hyvinvoinnin. Mittaristoa on edullista käyttää, ja sen avulla voidaan määritellä suunnittelu- ja kehittämistavoitteita tai vaikka seurata tavoitteiden toteutumaa. Rakennuksen elinkaarimittarit kertovat rakennuksen olevan kestävä kehityksen periaatteen mukaan rakennettu, millä voidaan lisätä rakennuksen vetovoimaa ympäristötietoisien vuokralaisten tai ostajien silmissä. [20; 21.]

### 5.1.1 Rakennuksen elinkaarimittarit

Rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutukset riippuvat merkittävästi hanke- ja suunnitteluvaiheiden päätöksistä. Hankevaiheessa tulee pohtia pitkäjänteisen rakennuksen tarvetta ja käyttökelpoisuutta, kun taas suunnittelu- ja hankintavaiheessa tulee huomioida energiatehokkaat ratkaisut, muuntojoustavuus sekä kestävät materiaalit. Rakennuksen elinkaarimittareita on kahdeksan, ja ne on jaettu hankevaiheen mittareihin ja käyttövaiheen mittareihin. Taulukossa 3 nähdään mittareista käytettävät nimitykset ja yksiköt.

Taulukko 3. Elinkaarimittarien nimet ja yksiköt [20]

	MITTARIN NIMI	YKSIKKÖ
HANKEVAIHE	E-LUKU	kWh/m <sup>2</sup>
	ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI	kgCO <sub>2</sub> e
	ELINKAARIKUSTANNUS	€
	SISÄILMALUOKKA	
KÄYTTÖVAIHE	ENERGIAN KULUTUS	kWh
	KÄYTÖN HIILIJALANJÄLKI	kgCO <sub>2</sub> e
	POHJATEHO	kW
	SISÄYMPÄRISTÖÖN TYYTYVÄISET	%

Energiankulutus ilmoittaa kiinteistössä käytetyn ulkopuolelta tuodun energiamäärän. Energiankulutusta laskettaessa ei kiinteistössä tuotettua omavaraisenergiaa huomioida. Energiankulutus saadaan, kun summataan kiinteistön energiankulutus ja käyttäjäsähkö. Jos käyttäjäsähköä ei ole tai sitä ei ole erikseen mitattu, silloin energiankulutus on vain kiinteistön kuluttama energiamäärä. Kiinteistön kuluttama energiamäärä saadaan laskemalla yhteen kiinteistössä käytetyt ostoenergian määrät, esimerkiksi kaukolämpö + kaukojäähdytys + kiinteistösähkö.

Tyhjäkäyttöenergia ilmaisee energiankulutuksen ajalla, jolloin rakennus on kokonaan tyhjillään. Sen avulla tunnistetaan ja pystytään karsimaan turhia kulutuksia. Turhaa kulutusta ovat rakennuksen palveluja tuottamattomat kulutukset tai väärin ajastetusta talotekniikasta johtuvat kulutukset. Tyhjäkäyttöenergian sijaan mittarina voidaan käyttää pohjatehoa, koska jotkin rakennukset eivät ole kokonaan tyhjillään lähes koskaan. Pohjateho tarkoittaa sitä tehoa, joka kuluu, kun järjestelmät eivät tuota palveluita rakennuksen käyttäjille. Esimerkiksi jatkuvassa käytössä olevasta rakennuksesta, pohjateho olisi kannattavaa mitata yöaikaan tai muuna aikana, jolloin rakennuksen miehitys on minimissään.

Pohjateho ilmoitetaan mittausjakson keskitehona, ja se voidaan laskea erilaisille kokonaisuuksille, esimerkiksi kiinteistö-, käyttäjä- tai kokonaissähkölle. Mittausjakson tulee olla vähintään viikon pituinen ja myös viikonloput huomioidaan. Mittausjakson ei tulisi sijaita ajalla, jolloin rakennuksessa tuotetaan palveluita ajastettuna, esimerkiksi veden lämmittäminen varastoon. Rakennuksen ylläpitoon kuluu energiaa, joten tämä kylmälaitteiden, yöaikaisen lämmityksen ja muiden olosuhteiden ylläpitoon kuluva energia täytyy huomioida pohjatehon laskennassa. Laskennassa tulee myös huomioida vuodenaikojen mukaan vaihtelevat kuormitukset, kuten autojen lämmitys talvella. Pohjatehon mittaukset tulisikin toistaa eri vuoden aikoina.

Mitatun pohjatehon perusteella voidaan laskea rakennuksen pohja- tai tyhjäkäyttökulutus koko vuodelta. Vuoden pohjakulutus lasketaan kertomalla mitattu pohjakulutus vuoden tuntimäärällä eli 8 760:llä. Tyhjäkäyttökulutus taas saadaan kertomalla pohjakulutus koko vuoden tyhjäkäyttöajalla. Laskuesimerkkinä toimistorakennus, jonka mitattu pohjateho on 42 kW, jolloin sen vuoden pohjateho on  $42 \text{ kW} * 8 760 = 367 920 \text{ kWh}$ . Jos rakennuksen viikoittainen tyhjäkäyttöaika on 108 tuntia, tällöin koko vuoden tyhjäkäyttökulutukseksi saadaan  $42 \text{ kW} * 108 \text{ h} * 52 = 235 872 \text{ kWh}$ .

Sisäympäristön laadulla on suuri merkitys rakennuksen käyttäjien terveyteen ja hyvinvointiin, joten sen laatu on tärkeää pystyä todentamaan. Sisäympäristön laatu todennetaan sisäilmaluokilla sekä käyttäjätyytyväisyyskyselyllä. Rakennuksen sisäilmaluokan määrittelyyn käytetään erilaisia sisäympäristöindikaattoreita, joiden avulla rakennuttaja ja suunnittelijat voivat määritellä rakennuksen sisäympäristölle tavoitteita ja varmentaa niiden saavuttamisen. Niitä voidaan hyödyntää myös sisäympäristön laadun seurannassa. Sisäilmaluokalla ilmoitetaan rakennuksen kyky tuottaa ja ylläpitää terveelliset ja miellyttävät sisäympäristön olosuhteet. Sisäilmaluokat jaetaan neljään ryhmään, jotka esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4. Sisäilmaluokat [20]

S1	Yksilöllinen sisäilmasto
S2	Hyvä sisäilmasto
S3	Tyydyttävä sisäilmasto
-	Ei luokiteltu

Rakennuksen tilat voivat sisältää eri sisäilmaluokkia. Tästä syystä rakennuksen sisäilmaluokka määritellään sen mukaan, mikä on paras sisäilmaluokka, johon rakennuksen tiloista pääsee vähintään 80 prosenttia. Määrittelyssä tarkastellaan tiloja, jotka palvelevat rakennuksen pääasiallista käyttötarkoitusta. Tarkastellaan esimerkkinä rakennusta, jossa 10 % tiloista kuuluu luokkaan S1 ja 75 % luokkaan S2, jolloin rakennuksen sisäilmaluokaksi muodostuu S2. Jos taas rakennuksen tiloista 50 % kuuluisi luokkaan S2 ja 30 % luokkaan S3, rakennuksen sisäilmaluokka olisi tällöin S3. Rakennus ei pääse mihinkään luokitukseen, jos luokitellut tilat jäävät alle 80 prosentin. Esimerkiksi rakennuksen tiloista 79 % kuuluu luokkaan S2 ja muita tiloja ei ole luokiteltu, tällöin rakennus ei pääse mihinkään luokitukseen.

Hyvien sisäolosuhteiden varmentaminen tehdään fysikaalisesti mitattavien suureiden ja käyttäjätyytyväisyyskyselyyn avulla. Sisäympäristön laadun varmentaminen suoritetaan rakennuksen ensimmäisen käyttövuoden aikana. Käyttäjien kokemia olosuhteita selvittämällä saadaan tietoa sisäympäristön laadusta pidemmällä aikavälillä. Käyttäjätyytyväisyyskyselyssä selvitetään käyttäjien tyytyväisyyttä tai tyytymättömyyttä viidellä osaluueella: lämpöviihtyvyys jäähdytyskaudella, lämpöviihtyvyys lämmityskaudella, huoneilman laatu sekä valaistusolosuhteet ja ääniolosuhteet. Jokaiselle osa-alueelle laskeaan prosentuaalinen tyytymättömien osuus, joka ylittäessään 25 prosenttia, aiheuttaa

selvitystoimenpiteitä. Tyytymättömyyden syyt voidaan selvittää sisäympäristökatselmuksella ja sisäilmamittauksilla. Käyttäjätyytyväisyyskysely suositellaan tehtäväksi 1–3 vuoden välein, heti lämmityskauden vaihtumisen jälkeen.

Hiilijalanjälkeä laskettaessa tarkastellaan rakennuksen hiilijalanjälkeä koko elinkaaren ajalla, aina raaka-aineista rakentamiseen ja käytöstä loppuhävitykseen. Hiilijalanjäljen määrittelyssä mittaustapoja ovat muun muassa, tarkastelujakso ja -laajuus, käyttäjän osuus, vihreän sähkön käyttö ja energiankulutus. Hiilijalanjälkeä voidaan mitata hanke- sekä käyttövaiheessa, mutta niiden mittaustavoissa on eroavaisuuksia. Esimerkiksi tarkastelulaajuus sisältää hankevaiheessa rakennuksen materiaalit, rakentamisen sekä käytön ja purun, kun taas käyttövaiheeseen sisältyy vain määrätyt käytön ajan päästöt ilman materiaaleja tai käyttäjän osuus huomioi käyttäjän päästöt ja kustannukset käyttövaiheessa, mutta ei hankevaiheessa.

Rakennuksen taloudellista kestävyyttä ja rakennuksen elinkaaren aikaisia kokonaiskustannuksia pyritään selvittämään hankkeen elinkaarikustannuslaskennalla. Elinkaarikustannuslaskenta on eri asia kuin kannattavuuslaskenta, jolla pyritään selvittämään hankkeen kannattavuus huomioiden tulot, riskit ja pääoman tuotto. Elinkaarikustannuslaskenta kuvaa kiinteistön omistajan todellisia kustannuksia rakennuksen elinkaaren aikana.

Elinkaarikustannuslaskennassa laskentahetken hintoja käytetään kustannustasona hyödykkeille ja hintojen korotuksia tai inflaatiota elinkaaren ajalle ei huomioida. Edellinen ei kuitenkaan koske energian hintaa, sillä sähkön ja öljyn hinnat vaihtelevat ajan funktiona. Tästä syystä molemmille on määritelty vähimmäishinta, joka sähkön osalta on 5,2 c/kWh. On myös huomattava, että sähköenergian hintaan lisätään aina verkkoyhtiön siirron hinta sekä voimassa oleva sähkövero. Vähimmäishintaa ei saa alittaa, mutta korkeampaa hintaa saa halutessaan käyttää.

Elinkaarikustannuslaskennassa tarkastellaan rakennuksen olosuhteiden ja palveluiden tuottamiseen liittyviä kustannuksia. Kustannuslaskennassa ei huomioida käyttäjien toiminnan kustannuksia eikä rakennuksen tuloja, lukuun ottamatta alennuksia, hyvityksiä ja palautuksia, jotka pienentävät tosiasiallista kauppahintaa. Tällaisia hyvityksiä voi olla esimerkiksi materiaaliyhvitykset rakennuksen purussa. Laskennassa ei myöskään huomioida rakennuksen mahdollista myyntiä ja siitä syntyviä kustannuksia. Laskentaan

täytyy ottaa mukaan verot ja viranomaismaksut, jotka määritellään voimassa olevan lainsäädännön perusteella.

Rakennuksen elinkaarikustannuslaskenta voidaan jakaa karkeasti neljään vaiheeseen: rakentamis-, käyttö- ja purkuvaihe sekä elinkaaren ulkopuoliset lisätiedot. Kuvassa 3 tarkastellaan lähemmin rakennuksen elinkaaren vaiheiden sisältöä ja rajauksia.

VAIHE	VAIHEEN KESKEINEN SISÄLTÖ
<b>A0 ENNEN RAKENTAMISTA</b>	Tontin hankinta veroineen, hankevaiheen suunnitelmat ja kustannukset. Jos tontti vuokrataan, vuokratkustannukset kohdistetaan tälle vaiheelle. Jos rakennus hankitaan käyttöön olemassa olevana, kohdistetaan hankintahinta ja -kulut tähän vaiheeseen.
<b>A1-A5 ENNEN KÄYTTÖVAIHETTA</b>	Vaiheet A1-A5 voidaan käsitellä yhdessä kokonaisuutena, joka voi perustua urakkatarjouksiin tai muuhun kustannusarvioon. Myös muut hankkeen projektinjohto-, tarkastus- ja valvontakulut kuuluvat tähän vaiheeseen. Kunnallistekniikan liittymiskustannukset kuuluvat tähän vaiheeseen.
<b>B1 KÄYTTÖ</b>	Kiinteistövero, isännöinti, vakuutukset ja turvallisuuspalvelut. Taloushallintoon (esim. asunto-osakeyhtiön kirjanpito ja tilintarkastus) liittyviä kustannuksia ei huomioida.
<b>B2 KUNNOSSAPITO</b>	Huolto- ja ylläpitopalvelut, mm. siivous, pintojen ja teknisten järjestelmien huolto. Tarkastukset ja muut toistuvat toimenpiteet (esim. nuohous).
<b>B3 KORJAUS</b>	Ennakoimattomista rikkoutumisista johtuvat korjauskustannukset.
<b>B4 OSIEN VAIHTO</b>	Suunnitelluista rakennuksen osien vaihdoista johtuvat korjauskustannukset ja tähän liittyvien suunnittelu- ja valvontatehtävien kustannukset.
<b>B5 LAAJAMITTAISET KORJAUKSET</b>	Rakennuksen käyttötarkoituksen muuntamisesta johtuvat kustannukset.
<b>B6 ENERGIAN KÄYTTÖ</b>	Rakennukseen ostettava energia- ja polttoaineet siirtomaksuineen. Kulutuksesta tulee poistaa kuluttajalaitteiden osuus (tai mainittava jos se on huomioitu), mutta tontilla kuluttava energia huomioidaan. Periaate on sama kuin hiilijalanjäljen osalta (kts. 6.3).
<b>B7 VEDEN KÄYTTÖ</b>	Puhtaan veden ostosta ja jäteveden käsittelystä syntyvät kustannukset. Kulutuksesta tulee poistaa kuluttajalaitteiden osuus kulutuksesta (tai mainittava jos se on huomioitu).
<b>C1-C4 PURKUVAIHE</b>	Rakennuksen purkaminen ja purkujätteen käsittely ja kuljetus. Maaperän tai tontin ennallistaminen hanketta edeltävälle tasolle ja valmiiksi seuraavaa käyttäjää varten. Kohta voidaan käsitellä urakkasummana purku-, siivous- ja ennallistamistöistä, josta poistetaan materiaalien hyötykäytön hyvitykset. Jos näitä ei tunneta, niitä ei huomioida.
<b>D ELINKAAREN ULKOPUOLISET LISÄTIEDOT</b>	Lisätiedot kattavat rakennuksen elinkaaren ulkopuoliset vaiheet, jotka koostuvat energian myynnistä ja rakennuksen materiaalien tai osien uudelleen- tai hyötykäytöstä. Uudelleen- ja hyötykäyttö huomioidaan ensisijaisesti syntyneitä kustannuksia vähentävänä alennuksena, ja kustannukset ylittävät tulot raportoidaan lisätiedoissa. Lisäksi lisätietomodulissa todetaan rakennushankkeen saamat mahdolliset subventiot.

Kuva 3. Kustannusvaiheet ja niiden sisältö [20, s. 42]

Elinkaarikustannusten jako kustannusvaiheisiin auttaa hahmottamaan rakennuksesta aiheutuvat kustannukset sen koko elinkaaren ajalta. Rakennusvaiheen kustannukset kattavat tontin hankinnan, hankevaiheen suunnitelmat, rakennustuotteiden ja koneiden kuljetukset sekä kaikki työmaan toiminnot, kuten maansiirto, energian käyttö ja väliaikaiset rakenteet. Käyttövaiheen kustannukset sisältävät kiinteistöveron, isännöinnin, vakuutukset, huolto- ja ylläpitopalvelut, veden oston ja käsittelyn sekä ostoenergiat ja ostopolttoaineet siirtomaksuineen. Purkuvaiheen kustannuksiin katsotaan kuuluvaksi

purkujätteen käsittely ja kuljetus sekä maaperän kunnostus. Elinkaaren ulkopuolisissa lisätiedoissa käsitellään materiaalien uudelleen- tai hyötykäytöstä muodostuvia kustannuksia. Suunnitteluvaiheessa käytetään elinkaarikustannuslaskentaa ennakoimaan kustannusten toteumaa. [20.]

### 5.1.2 Visuaalinen työkalu

Rakennuksen elinkaarimittarien suureiden esittämistä varten on kehitetty helposti lähestyttävä kiinteistöpassi. Sen avulla, mitattujen tunnuslukujen raportointi on läpinäkyvää sekä helppoa, ja se viestii organisaation suhtautumista kestäväan kehitykseen ja ympäristöasioihin. Sekä hanke- että käyttövaiheelle on oma versio kiinteistöpassista. Kiinteistöpassi (kuva 4) on selkeä ja informatiivinen ympäristörekisteriotetta muistuttava visuaalinen työkalu. Kiinteistöpassista nähdään selvästi rakennuksen ympäristötehokkuuden tunnusluvut ja perustiedot. Sillä voidaan ilmoittaa suunnittelun aikaiset tavoitteet vaikka elinkaarikustannuksesta tai sisäilman laadusta sekä käytön ajan mittarit, kuten energiankulutus ja pohjateho. Jos käyttövaiheen mittareita seurataan systemaattisesti, lisääntyvä kiinteistöpassin sivumäärä vuosittain, jolloin vertailu edellisiin vuosiin on helppoa.

Kiinteistöpassi		HANKEVAIHE
<b>NIMI</b>	<b>KESKUSTAKIRJASTO</b>	
Osoite	Keskustakirjastonkatu 1, 00100 Helsinki	
Käyttötarkoitus	Kirjastorakennus	
Rakennusvuosi	2015	
Bruttoala	21 344 m <sup>2</sup>	
Lämmitetty nettoala	18 083 m <sup>2</sup>	
Pinta-ala käyttötarkoituksittain	lukusalit 10 224 m <sup>2</sup> , toimisto 1250 m <sup>2</sup> , seminaaritilat 1856 m <sup>2</sup> , muut tilat 2344 m <sup>2</sup>	
Mitoitettu käyttäjämäärä	Kapasiteetti 2 500 henkilöä	
Yksityiskohtaiset tiedot	www.figbc.fi	
<b>ELINKAARIMITTARI</b>	<b>TUNNUSLUKU</b>	
Elinkaaren hiilijalanjälki	9 840 tn CO <sub>2</sub> e	
Elinkaarikustannus	12 168 000 €	
E-luku	135	
Sisäilmaluokka	S2	
GREEN BUILDING COUNCIL FINLAND 		

Kiinteistöpassi		KÄYTTÖVAIHE
<b>NIMI</b>	<b>EDUSKUNTATALO</b>	
Osoite	Mannerheimintie 30, 00100 Helsinki	
Käyttötarkoitus	kokous-, hallinto-, ja toimistorakennus	
Rakennusvuosi	1931	
Bruttoala	17 200 m <sup>2</sup>	
Pysäköintiratkaisu	Pysäköintihalli	
Yksityiskohtaiset tiedot	www.figbc.fi	
<b>KÄYTTÖNAJAN MITTARI</b>	<b>TUNNUSLUKU</b>	
Seurantavuosi	2014	
Energiankulutus	3 213 600 kWh	
Käytön hiilijalanjälki	540 000 kg CO <sub>2</sub> e	
Pohjateho	85 kW	
Käyttäjätyytyväisyys	72 %	
GREEN BUILDING COUNCIL FINLAND 		

Kuva 4. Kiinteistöpassin mallikappaleet hanke- ja käyttövaiheelle [20]

Kiinteistöpassi viestii rakennuksen suorituskyvystä ja ympäristövaikutuksista. Tulevaisuudessa kiinteistöpassit voitaisiin koota yhteiseen tietokantaan, joka edesauttaisi suomalaisen rakennuskannan ympäristötehokkuuden paranemisen sekä energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden saavuttamisen seurantaan. [20; 21.]

## 5.2 LEED-ympäristöluokitusjärjestelmä

### 5.2.1 Ympäristösertifikaatti vihreille rakennuksille

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) on Yhdysvaltalaisen U.S. Green Building Council -organisaation myöntämä ympäristösertifikaatti vihreille rakennuksille. LEED arvioi ympäristövaikutuksia koko rakennuksen elinkaaren ajalta ja tarjoaa standardin energiatehokkaan ja kestäväen kehityksen periaatteella toimivan rakennuksen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön. LEED-sertifioinnin saaneet rakennukset ovat todistettavasti ympäristövastuullisia sekä tarjoavat terveellisen asuin- ja työskentely-ympäristön. LEED-sertifiointi perustuu tilojen, rakennuksen tai rakennushankkeen ympäristöominaisuuksien arviointiin, täysin riippumattoman kolmannen osapuolen suorittamana. LEED-sertifioinnissa huomioidaan muun muassa sijaintipaikan kestävyys sekä energian-, veden- ja materiaalien kulutuksen pienentäminen koko elinkaaren aikana.

LEED-sertifioinnin hankkiminen nostaa hankkeen kustannuksia, sillä suunnittelu ja rakentaminen ovat haasteellisempia ja enemmän aikaa vieviä. Lisäksi myös sertifikaatin hakeminen tuo lisäkustannuksia. LEEDin etuina voidaan mainita kiinteistön alhaiset käyttökustannukset ja arvon nousu, vähentyvät kaatopaikkajätteen ja kasvihuonekaasujen määrät sekä energian ja veden säästö. LEED-sertifioitu rakennus on myös terveellisempi ja turvallisempi käyttäjille sekä saattaa oikeuttaa verovähennyksiin ja kaa-voitusavustuksiin.

Jotta hanke saavuttaisi sille asetettuja kestäväen kehityksen vaatimuksia, suunnitteluun ja rakentamisstrategioihin tulisi panostaa jo hankkeen alkuvaiheessa. Hankkeessa mukana olevien arkkitehtien, insinöörien, rakennusurakoitsijan ja suunnittelijoiden sekä kiinteistön hallinnointihenkilökunnan tulisi kyetä soveltamaan systemaattista lähestymistapaa vihreän rakentamisen suunnitteluun ja kehittämiseen, mikä mahdollistaa toivottujen ympäristötavoitteiden saavuttamisen. [22; 23; 24; 25.]

### 5.2.2 Luokitusjärjestelmät

LEED on monipuolinen, ja se sopii erilaisten rakennusten sertifiointiin, sillä se on jaettu yhdeksään luokkaan rakennuksen ja sen käyttötarkoituksen mukaan. Luokitusjärjestelmän luokat ovat

- New Construction and Major Renovations (Uudisrakentaminen)
- Core and Shell (Rakenteet ja ulkovaippa)
- Commercial Interiors (Kaupalliset sisätilat)
- Existing Buildings: Operations & Maintenance (Kiinteistön käyttö ja huolto olemassa oleville rakennuksille)
- Homes (Asunnot)
- Neighborhood Development (Lähiympäristön kehitys)
- Schools (Koulut)
- Retail (Vähittäiskauppa)
- Healthcare (Terveystieteiden huolto).

Koska tässä työssä keskitytään toimitilarakentamiseen, käsitellään luokitusjärjestelmistä lähemmin vain ne, joita sovelletaan toimitilarakentamisessa.

LEED New Construction -luokka on tarkoitettu sekä uudisrakennuksiin että jo olemassa oleviin rakennuksiin. Se soveltuu, esimerkiksi, toimistoille, kirjastoille, kirkoille, hotelleille ja hallintorakennuksille. Uudisrakennuksissa LEED keskittyy pääasiassa suunnitteluun ja rakentamiseen, mutta se auttaa myös luomaan perustan rakennuksen toiminnalle ja käytölle, kun rakennus on valmis. Kun rakennuksen toiminta ja käyttö on huomioitu ennakkoon, voidaan varmistua siitä, että rakennus toimii parhaalla mahdollisella tavalla. Olemassa oleviin rakennuksiin LEED sopii, jos rakennuksessa tehdään merkittäviä rakennuksen vaipan ja sisätilojen muutoksia sekä LVI-parannuksia.

LEED Core & Shell -luokkaa käytetään hankkeissa, joissa tilojen loppukäyttäjää ja käyttötarkoitusta ei suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa tiedetä. Rakennuttaja vastaa kohteen rakenteiden ja ulkovaipan suunnittelusta ja rakentamisesta, mutta ei vuokratavan sisätilan suunnittelusta ja rakentamisesta. Tällaisia kohteita ovat muun muassa

kaupalliset tai lääkinnälliset toimitilat, ostoskeskukset ja varastot. LEED Commercial Interiors- ja LEED Retail -luokat täydentävät LEED Core & Shell -luokkaa.

LEED Commercial Interiors -luokka on kehitetty nimenomaan kaupallisten sisätilojen ja institutionaalisten rakennuksien vuokralaisia varten, mitkä eivät hallinnoi koko rakennusta. Sertifiointi voidaan myöntää yksittäiselle vuokralaiselle, jonka toimitila on terveellinen ja tuottoisa paikka työskennellä, halvempi käyttää ja ylläpitää sekä pienentänyt ekologista jalanjälkeä. Sertifiointi antaa vuokralaiselle mahdollisuuden tehdä kestäviä valintoja, sillä sisätilojen parannukset ja kunnostukset voivat vaikuttaa sisäympäristöön huomattavasti. Sertifiointi toimii yhdessä LEED Core & Shell -luokan kanssa, jolloin kiinteistönkehittäjät sertifioivat rakenteet ja vuokralainen oman toimitilansa. Tämän avulla rakennus tehdään houkuttelevaksi ekologisia seikkoja arvostaville vuokralaisille. [22.]

### 5.2.3 Pisteytys ja arvosana

LEED-sertifiointiin on määritelty kriteereitä, jotka täyttämällä hanke saa pisteitä. Jokainen luokitusjärjestelmä sisältää viisi pääkategoriaa, joista annetaan pisteitä. Pääkategoriat ovat kestävä sijainti, veden käyttö, energia ja ilmasto, materiaalit ja kierrätys sekä sisäympäristön laatu. Näiden lisäksi on vielä kaksi kategoriaa, joista voi saada lisäpisteitä. Nämä ovat innovaatiot suunnittelussa ja alueelliset olosuhteet.

*Kestävä sijainti* kannustaa hyödyntämään strategioita, joilla voidaan minimoida vaikutus ekosysteemiin. Kategoriassa pisteitä saa muun muassa paikan valinnasta, kehityksen tiheydestä ja yhteisöön liitettävyydestä sekä julkisen liikenteen käyttömahdollisuudesta. *Veden käyttö* -kategoria vaatii viisasta veden käyttöä, kuten veden kulutuksen vähentäminen ja innovatiivisten jätevesiteknologioiden hyödyntäminen. *Energia ja ilmasto* -kategoriassa pisteitä saadaan energiatehokkuuden optimoimisesta ja vihreän energian käytöstä joko omatuotantona tai ostaen. Kategoriassa *materiaalit ja kierrätys* pisteitä ansaitaan uusiutuvan materiaalin ja kierrätysmateriaalin hyödyntämisestä, rakennusjätteen hallinnasta ja hyvin järjestetyistä kierrätysmahdollisuuksista. *Sisäympäristön laatuun* voidaan vaikuttaa ilmanvaihdolla, lämmityksellä ja valaistuksella. Lisäkategoria *innovaatiot suunnittelussa* huomioi kestävänsä rakentamisen osaamista ja suunnittelun toimenpiteitä, jotka eivät kuulu pääkategorioihin. *Alueelliset olosuhteet* huomioivat paikalliset ympäristöolosuhteet eri maantieteellisissä sijainneissa.

Ansaitun pistemäärän mukaan määräytyy hankkeen ympäristöluokituksen taso, joka ilmoitetaan arvosanalla. Arvosanoja on neljä, ja niihin vaadittavat pistemäärät nähdään taulukossa 5.

Taulukko 5. Pisteasteikko ja arvosanat [23]

Arvosana	Pisteet
Certified	40–49
Silver	50–59
Gold	60–79
Platinum	80–

Liitteessä 2 esitetään Core & Shell -luokan arviointilomake, josta käy ilmi kategorioihin sisältyvät arvioitavat kriteerit sekä niistä saatavat pisteet. Kategorioista saatavat pisteet vaihtelevat riippuen luokitusjärjestelmästä, esimerkiksi Core & Shell -luokan *kestävä kehitys* -kategoriasta voi saada 28 pistettä, kun vastaavasta kategoriasta *New Construction* -luokassa voi saada 26 pistettä. [22; 23; 26.]

### 5.3 BREEAM-ympäristöluokitusjärjestelmä

#### 5.3.1 Vihreiden kiinteistöjen ympäristösertifikaatti

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) on Iso-Britanniassa kehitetty vihreiden kiinteistöjen luokitusjärjestelmä, joka asettaa standardit kestävän rakennuksen suunnittelulle, rakentamiselle ja käytölle. BREEAM on käytössä kaikkialla maailmassa, sillä sitä voidaan käyttää niin yksittäisen kuin useamman kiinteistöryhmän arviointiin, ja se on helposti muunneltavissa vastaamaan paikallisia säännöksiä ja oloja. Arvioinnin suorittaa, kansainvälisiä sertifiointipalveluja tarjoavien organisaatioiden toimintaa valvovan, UKASin (The United Kingdom Accreditation Service) kouluttamat ja valtuuttamat arvioijat. Arvioijan osallistuminen hankkeeseen jo suunnitteluvaiheesta lähtien auttaa saavuttamaan hyvän luokituksen helposti ja mahdollisimman kustannustehokkaasti.

BREEAM arvioi rakennuksen ympäristövaikutuksia eri osa-alueilla, muun muassa johtaminen, energian- ja vedenkulutus, käytetyt materiaalit, maankäytön ja liikenne. BREEAM ilmaisee, asiakkaille, suunnittelijoille sekä muille osapuolille, laaja-alaisesti

rakennuksen ympäristövaikutukset ja kestävyden koko elinkaaren ajalta. BREEAM määrittelee ja ylläpitää vankan teknisen standardiston tiukalla laadunvarmistuksella ja sertifiointilla. BREEAM pyrkii tarjoamaan

- Inspiraatiota löytää uusia innovatiivisia ratkaisuja ympäristövaikutuksien pienentämiseksi.
- Järjestelmän, joka auttaa vähentämään kustannuksia sekä parantamaan työ- ja asuinympäristöä.
- Standardin, joka osoittaa yritysten ja organisaatioiden edistystä ympäristöasioissa.

Asiakkaat, suunnittelijat, kiinteistökehittäjät ja sijoittajat käyttävät BREEAMia määrittämään rakennuksen suorituskyvyn kestävässä kehityksessä ja ympäristövaikutuksissa tavalla, joka on nopea, kattava, tasapuolinen sekä erittäin näkyvä markkinoilla. Suunnitteluyritykset hyödyntävät sitä parantaakseen rakennuksen tehokkuutta ja lisätäkseen omaa tietouttaan ja kokemustaan ympäristöasioissa. Kiinteistöjen omistajat, hallinnasta vastaavat ja kiinteistönvälittäjät käyttävät BREEAMia vähentämään kustannuksia, mittaamaan ja parantamaan rakennuksen tehokkuutta, kehittämään toimintasuunnitelmia sekä tuodakseen esiin rakennuksen ympäristöystävällisyyttä markkinoidessaan kohdetta ostajille ja vuokralaisille. [25; 27; 28.]

### 5.3.2 Luokittelujärjestelmät

BREEAMia käytetään maailmanlaajuisesti, ja siitä on kehitetty myös maakohtaisia luokitusjärjestelmiä. Suomessa ei ole maakohtaista BREEAM-luokitusjärjestelmää, vaan käytössä on yleisimmin BREEAM Europe Commercial -luokitusjärjestelmä, joka nimensä mukaisesti on kehitetty Euroopan maita varten. Europe Commercial on arviointimenetelmä, joka kattaa rakennuksen koko elinkaaren suunnitteluvaiheesta, rakentamisen kautta korjaus- ja käyttövaiheeseen. Menetelmä soveltuu käytettäväksi toimisto-, liike- sekä teollisuusrakennuksissa, ja se kannustaa kansallista rakennusteollisuutta nostamaan ympäristötavoitteitaan yli paikallisten rakennusmääräysten. Luokitusjärjestelmän etuna on se, että se ottaa paikalliset olosuhteet huomioon.

Jos hankkeeseen ei sovellu käytettäväksi Europe Commercial -luokitusjärjestelmä, silloin voidaan käyttää International Bespoke -luokitusjärjestelmää. International Bespoke -luokitusjärjestelmä soveltuu käytettäväksi lähes missä tahansa sijaitsevaan ja

millaiseen rakennukseen tahansa, sillä se on räätälöity mittatilausversio BREEAM:sta. International Bespoke on kuitenkin melko kallis ja aikaa vievä. [29.]

### 5.3.3 Pisteytystapa ja arvosana

BREEAMin pisteytysjärjestelmä on yksinkertainen, läpinäkyvä ja joustava sekä perustuu tieteeseen ja tutkimukseen. Pisteitä annetaan kymmenestä eri kategoriasta. Kategoriat ovat

- energia: käyttöenergia ja hiilidioksidi
- projektinhallinta: johtamiskäytännöt, käyttöönotto, työmaan hallinto ja hankinnat
- terveys ja hyvinvointi: sisäiset ja ulkoiset tekijät, kuten melu, valaistus ja ilmanlaatu
- liikenne: liikenteen hiilidioksidipäästöt ja sijaintitekijät
- vesi: kulutus ja tehokkuus
- materiaalit: rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset
- jäte: rakennusmateriaalien käytön tehokkuus, jätehuolto ja jätteiden minimointi
- päästöt: päästöt ulkoilmaan ja vesistöihin
- maankäyttö: tontin tyyppi ja rakennuksen ekologinen jalanjälki
- ekologia: ekologiset arvot ja ympäristön kehittäminen.

BREEAM palkitsee suoritukset, jotka ylittävät säännökset ympäristön hyvinvoinnista, viihtyisyydestä ja terveellisyydestä. Ansaitut pisteet kerrotaan kategorioittain ympäristökertoimella, joka huomioi kunkin luokan suhteellisen merkityksen. Sitten pisteet summataan, jonka perusteella määräytyy arvosana. Arvosanoja on viisi, ja ne voidaan ilmoittaa joko sanallisesti tai tähti-merkinnöillä. Sanalliset arvosanat ovat huonoimmas- ta parhaimpaan: hyväksytty, hyvä, erittäin hyvä, kiitettävä ja erinomainen. Tähti- merkintää käytettäessä tähtien lukumäärä ilmoittaa arvosanan (yksi tähti on hyväksytty, kaksi tähteä on hyvä ja niin edelleen). [27; 28.]

#### 5.4 PromisE-ympäristöluokitusjärjestelmä

Promise on kotimainen ympäristösertifikaatti. Promisen perusajatus on samantyyppinen kuin LEEDin ja BREEAMin, eli rakennuksen ympäristövaikutuksia arvioidaan, ja rakennus pisteytetään tiettyjen kriteerien perusteella. Promise-arviointi on pääasiassa kehitetty käytettäväksi toimistorakennuksille, asuinkerrostaloille ja kauppakiinteistöille. Mutta soveltamalla sitä voidaan myös käyttää esimerkiksi koulurakennuksissa, päiväkodeissa ja hotelleissa.

Promise voidaan jakaa kahteen eri työkaluun, Hanke-Promiseen ja Kiinteistö-Promiseen. Hanke-Promise on tarkoitettu käytettäväksi uudisrakentamisessa ja laajoissa korjaushankkeissa. Ympäristövaikutusten ohjaustyökalulla voidaan helposti asettaa ympäristö- ja elinkaaritavoitteet, seurata niiden toteutumista sekä todentaa hankkeen valmistuttua sen lopullinen ympäristöluokitus. Kiinteistö-Promisea käytetään olemassa olevan rakennuksen luokittelutyökaluna, jolla arvioidaan rakennuksen ominaisuuksien ja ylläpidon tasoa. Kiinteistö-Promisen arviointi suositellaan tehtäväksi ensimmäisen kerran viiden vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta, sillä teknisten järjestelmien säätöjen viimeistely ja kiinteistöhoitojen rutiinien löytyminen voi viedä jopa pari vuotta.

Promisessa on neljä pääluokkaa: ihmisten terveys, luonnonvarojen käyttö, ekologiset seuraukset ja ympäristöriskien hallinta. Pääluokat sisältävät vielä kategorioita, joita ovat muun muassa sisäilmaston hallinta, sisäolosuhteet ja valaistus (ihmisten terveys), energian kulutus, veden kulutus ja materiaalien käyttö (luonnonvarojen käyttö), päästöt ilmaan, kiinteät jätteet ja liikenne (ekologiset seuraukset) sekä tontin, rakennuksen ja rakennustyömaan ympäristöriskit (ympäristöriskien hallinta). Pisteiden perusteella kohteelle annetaan arvosana, joka kuvaa kohteen ympäristöominaisuuksien laatua.

Promise on käytännönläheinen ja helposti omaksuttava luokittelumenetelmä, jonka luomiseen on osallistunut useita kiinteistöalan toimijoita ja järjestöjä Suomessa. Promise perustuu kansallisiin keskilukuihin, minkä takia se ei sovellu kansainväliseen käyttöön. Promise ei ole kovin yleisesti käytetty, vaan LEED vie monipuolisuudellaan ja kansainvälisesti hyväksyttynä voiton käytetyimpänä ympäristösertifikaattina. [25; 30; 31.]

## 6 Keilaranta Tower

Suomen tunnetuimmalle yritysalueelle Espoon Keilaniemeen on suunniteltu rakennettavaksi Keilaranta Tower. Tavoitteellisuus ja innovatiivinen ajattelu on keskittynyt Keilaniemen alueelle, sillä siellä sijaitsee useita korkean teknologian ja energia-alan yrityksiä. Lisäksi sijainti luo hyvät yhteistyömahdollisuudet Otaniemessä sijaitsevien Aalto-yliopiston sekä VTT:n (Valtion teknillisen tutkimuskeskus) kanssa. Keilaranta Tower on hankesuunnitteluvaiheessa, ja kohteen ennakkomarkkinointi on jo aloitettu, mutta rakentamisen aloitusajankohtaa ei vielä tiedetä.

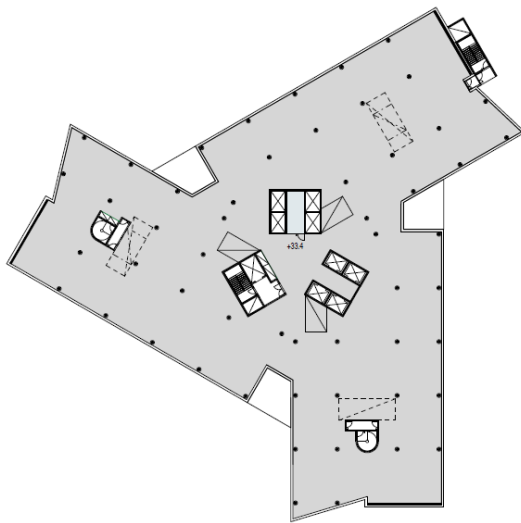
Valmistuessaan Keilaranta Tower tulee olemaan 26 kerroksinen, 111 metriä korkea toimistorakennus, joka olisi Suomen korkein toimistorakennus. Keilaranta Towerin bruttopinta-ala on 86 774 m<sup>2</sup> ja suunniteltujen työpisteiden lukumäärä on noin 2 200. Rakennuksen suunnittelussa on otettu huomioon sen istuvuus Keilaniemen ympäristöön. Istuvuutta havainnollistetaan kuvassa 5, jossa on mallinnettu Keilaniemen yritysalueen maisemaa, kun Keilaranta Tower on rakennettu.



Kuva 5. Keilaranta Tower Keilaniemessä [32]

Merellinen sijainti luo tunnelmaa ja huikeat maisemat, mutta se luo myös haasteita julkisivun ja pohjan rakentamiseen. Avoin merellinen ympäristö ja korkea rakennus pakottavat miettimään julkisivujen teknisiä ratkaisuja, jotta rakennus kestäisi tuulikuormat. Projektin alkuvaiheessa tuulikuormien vaikutusta onkin tutkittu tuulitunnelikokeilla. Keilaniemeen on sujuvat yhteydet niin omalla autolla kuin julkisilla kulkuneuvoillakin. Länsimetron valmistuttua, vuonna 2015, matka Helsingistä Espooseen taittuu hetkessä.

Keilaranta Tower on veistoksellinen torni, joka rakentuu kolmesta toimistosiivestä muodostaen arkkitehtonisen kokonaisuuden. Kuvassa 6 havainnollistetaan Keilaranta Towerin muotoa pohjakuvan avulla. Se on suunniteltu niin, että yksi toimistosiipi kattaa kerrokset 1.–7., toinen siipi kerrokset 1.–15. ja kolmas siipi kerrokset 1.–26. Rakennuksen kellaritiloissa sijaitsevat paikoitusalueet, varasto- ja tekniset tilat sekä sosiaalityilat ja kuntosali. Ensimmäiseen kerrokseen on suunniteltu aula ja vastaanottotilat, ravintola ja keittiö sekä neuvottelutiloja. Toisessa kerroksessa on kahvio, kokouskeskus ja auditorio. Kerrokset 3.–25. ovat varattuja toimistotiloille ja kerrosten 7 ja 8 sekä 15 ja 16 välissä ovat tekniikkakerrokset T1 ja T2. Keilaranta Towerin kruununa, kerroksessa 26, on edustustilat neuvotteluhuoneineen ja saunaosastoineen.



Kuva 6. Pohjakuva Keilaranta Towerista [32]

Keilaranta Towerin suunnitteluratkaisuissa on korostettu ympäristöystävällisyyttä. Sen toimitilojen suunnittelussa on pyritty vastaamaan käyttäjien tarpeisiin sekä muodostamaan joustava ja muunneltava kokonaisuus. Toimitilojen innovatiivisen suunnittelun tuloksena on tilojen helppo yhdisteltävyys ja jaettavuus. Suuret ja yhtenäiset tilat, samassa tasossa, on jaettavissa pienempiin osiin eri yritysten tarpeiden ja kehityksen

mukaan. Kerros voi olla yhden käyttäjän käytössä tai suurimmat kerrokset voidaan jakaa jopa kuudelle käyttäjälle. Tiloista voidaan luoda maisema-, huone- tai avokonttoreita. Keilaranta Tower tarjoaa käyttäjilleen korkeatasoisen toimistotalon palvelut. [32; 33.]

## 6.1 Keilaranta Towerin ympäristötavoitteet

Keilaranta Towerin odotetaan pääsevän energiatehokkuusluokkaan A, sillä korkean ympäristöluokitustavoitteen vuoksi rakennus on suunniteltu erittäin energiatehokkaaksi. Keilaranta Toweriin valittiin käytettäväksi LEED, sen monipuolisuuden ja kansainvälisen tunnettavuuden vuoksi. Hankkeen potentiaalia LEED-sertifioinnin saavuttamiseksi on arvioitu esiselvityksellä, jossa tutkittiin mahdollisuuksia LEED Core & Shell 2009- sekä LEED New Construction 2009 -luokitusmalleilla. Hankevaiheen tavoitteiden perusteella kohteelle on asetettu luokitustavoitteeksi vähintään LEED Gold -taso. Kultatason edellytyksenä on vähintään 60 pisteen saavuttaminen, mikä suunnittelutavoitteiden, tilaajan suunnitteluohjeiden ja laatuvaatimusten perusteella on saavutettavissa ilman merkittäviä muutoksia nykyisiin suunnitelmiin. Koska lähtökohdat ovat hyvät kultatason saavuttamiseksi, ei myöskään LEED Platinum -tason saavuttaminen ole mahdollonta. [34.]

### 6.1.1 LEED-ympäristösertifikaatin vaatimukset

Kohteen tulee täyttää tietyt kriteerit LEED-sertifioinnin saavuttamiseksi. Tarkastellaan nyt Keilaranta Towerin niin kutsuttuja sähkökriteereitä, jotka tulee huomioida sähkösuunnittelussa. Pisteitä kohde saa, *Kestävä kehitys* -kategoriassa, vähäpäästöisten ajoneuvojen edistämiseen kohdistuvista toimenpiteistä. Kriteeri vaatii, että 3 prosenttia autopaikoista on oltava sähköautopaikkoja. Kohteeseen on tulossa noin 800 autopaikkaa, jolloin vaatimus sähköautopaikoista täytyisi 24 sähköautopaikalla. Sähkösuunnittelussa tulee tällöin huomioida, että nopean latauksen laitteilla vaadittava kokonaisteho kasvaa suureksi.

Toinen sähkökriteeri, *Kestävä kehitys* -kategoriassa, edellyttää valosaasteen vähentämistä. Valosaasteen määrää voidaan rajoittaa vähentämällä tontilla muodostuvaa valonkajoa, joka käytännössä tapahtuu pienentämällä valotehoa ja rajaamalla valaistavaa aluetta. Kohteeseen on suunniteltu automaattinen valaistuksen sammutus, lukuun ottamatta pöytävalaisimia. Tällöin tulee varmistaa, ettei valaisimista ole suoraa linjaa

ikkunoille. Julkisivuvalaistuksesta ei ole vielä varmuutta, mutta tullessaan se aiheuttaisi erityishuomioita suunnittelussa. Keilaranta Tower rakentuu ahtaalle tontille, jolloin valon rajaaminen tontille on ongelmallista, minkä vuoksi tontin rajoilla saatetaan joutua miettimään kelvollisia valaistusratkaisuja. Tontin ulkopuolista katuvalaistusta ei huomioida, koska siihen ei voida vaikuttaa, sillä se kuuluu kaupungin vastuulle.

*Energia ja ilmasto* -kategoriassa on edellytyksiä energiatehokkuudelle ja mittaroinnille. Keilaranta Towerissa energiatehokkuutta parannetaan ainakin valaistussuunnittelun osalta. Kohteeseen on suunniteltu tulevaisuudelle päivänvalo-ohjaus sekä valaisin tai valaisinparikohtaisesti myös vakiovalo- tai liiketunnistinohjaus. Toimistoihin on suunniteltu valaistusratkaisuja, joissa energiatehokkaimmat ratkaisut perustuvat pöytävalaisimien käyttöön ja pääsevät alle  $5 \text{ W/m}^2$ . Valaistuksen suunnittelussa merkittäviä tilaryhmiä, niin laajuudeltaan kuin valaistustehoiltaan, ovat autohalli ja käytävät. Autohalliin on suunniteltu LED-valaistusta sekä mietitty tarpeenmukaista ja järkevää valaistuksen ohjausta. Autohallin valaistuksen ohjaus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi liiketunnistimin. Valaistus tullaan mittaamaan vuokralaisittain. Rakennuksen jokainen siipi jaetaan kerroksittain kahdelle käyttäjälle, jolloin valaistussähkö saadaan käytännössä julkisivu-työhyökkettäin. Tällöin valaistuksen ohjauksen toimintaa pystytään arvioimaan sähkönkulutuksesta.

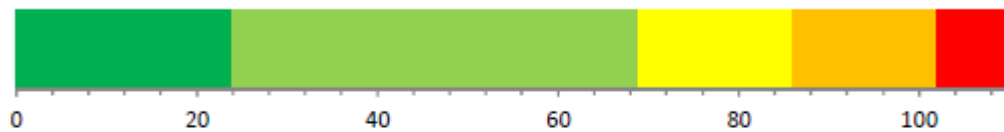
LEED-sertifikaatti vaatii mittausmahdollisuuden vuokralaisittain. Keilaranta Towerissa vuokralaisittain mitataan erikseen valaistus ja laitesähkö. Vuokralaiset solmivat itse omat sähkösopimuksensa. LEEDin vaatimuksena on myös tuottaa asiakkaalle tietoa kulutuksesta, joka laittaa miettimään ratkaisuja, kun mitataan erikseen valaistus ja laitesähkö. Nyt verkkoyhtiön laskutuksen kautta saadaan kokonaiskuva kulutuksesta, mutta miten saataisiin tuotettua tietoa sekä valaistuksen että laitesähkön kulutuksen mittauksista. [34.]

### 6.1.2 Ympäristöluokitusasteen saavutettavuus

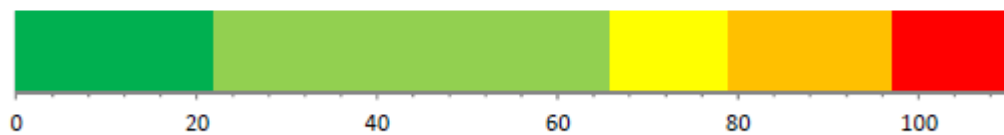
Keilaranta Towerin potentiaalia arvioitiin LEED Core & Shell 2009- sekä LEED New Construction 2009 -luokitusmalleilla. Kohteen kaltaiset, kokonaan ulos vuokrattavat kohteet arvioidaan yleensä Core & Shell -järjestelmällä. Tässä tapauksessa tarkastelussa on myös New Construction -järjestelmä, sillä suomalaisen rakentamistavan mukainen viimeistelyn taso on lähempänä tämän luokitusjärjestelmän mallia. Mikäli kohteella on vain yksi vuokralainen, jonka osuus vuokrattavasta pinta-alasta on suurempi

kuin 50 prosenttia, niin kohde tulee sertifioida New Construction -mallilla. Näitä kahta luokitusmallia vertailemalla voidaan todeta, että Core & Shell -ympäristöluokitusmallia käyttämällä kohteella on helpommin saavutettavissa tavoitteeksi asetettu kultataso. Core & Shell -luokitusmallilla myös platinatason saavuttaminen on todennäköisempää. Kuvassa 7 verrataan esiselvityksessä käytettyjen ympäristöluokitusmallien pisteiden jakautumista. Pistejakaumien mukaan kohde todennäköisesti saavuttaisi 69 pistettä Core & Shell -luokittelulla ja 66 pistettä New Construction -luokittelulla.

#### LEED Core & Shell



#### LEED New Construction



■ Saavutettava ■ Todennäköinen ■ Suositeltava ■ Mahdollinen ■ Hylätty

Kuva 7. Pistejakaumat Core & Shell -luokituksella ja New Construction -luokituksella [34]

Ympäristötavoitetta asetettaessa pohdittiin kohteen mahdollisuuksia saavuttaa pisteitä pääkategorioissa kestävä sijainti, veden käyttö, energia ja ilmasto, materiaalit ja kierrätys, sisäympäristön laatu sekä lisäkategorioissa innovaatiot suunnittelussa ja alueelliset olosuhteet. *Kestävä sijainti* -kategoriassa on mahdollisuus saavuttaa korkeat pisteet, sillä kohteen alueellinen sijainti on hyvä ja julkisen liikenteen yhteydet ovat erinomaiset. Paikotusalue sijoitetaan pääosin maan alle. Maksimipisteitä kategoriasta ei ole todennäköistä saada, sillä kohde sijaitsee vesistön äärellä ja ahdas tontti rajoittaa hulevesien hallintaa sekä kasvillisuuden kehittämistä. *Veden käyttö* -kategorian maksimipistemäärä on saavutettavissa tilaajan valitsemilla korkealuokkaisilla vesikalusteilla.

Tilaajan korkeatasoiset vaatimukset energiatehokkuudelle luo hyvän pohjan korkealle pistemäärälle kategoriassa *energia ja ilmasto*. Mahdollisuutta korkeaan pistemäärään nostaa vaatimukset hyvästä energianhallinnasta ja mittaroinneista. Materiaalitehokkuuden osalta on asetettu vaatimuksia kohteen ja työmaan jätehuollolle. Pistemäärään voidaan vaikuttaa työmaan materiaalihankinnoilla sekä paikallisten ja kierrätettyjen

materiaalien osuudella. Kohteessa halutaan panostaa sisäilman korkeaan laatuun. Tavoitteena olevat sisäolosuhteet, sisätilojen lämpöolosuhteet ja olosuhteiden säädettävyys antaisi hyvät pisteet *sisäympäristön laatu* -kategoriassa. Pisteissä on mahdollista saavuttaa korkea taso, valitsemalla vähäemissioisia materiaaleja. Innovaatiopisteitä kohteelle tulee julkisen liikenteen ja tontinkäytön tehokkuuden osalta.

Koska kultatason saavuttaminen nykyisillä suunnitelmilla on todennäköistä, haluttiin myös tutkia mahdollisuutta saavuttaa korkeampi ympäristöluokitus eli Platinum-taso. Tavoitteena oli löytää kustannustehokkaat ja toteuttamiskelpoiset parannusmahdollisuudet, joilla platinataso voitaisiin varmistaa. Eniten pisteitä lisäisivät parannukset kategoriassa *energia ja ilmasto*. Energiatehokkuuden parantamisella voitaisiin saavuttaa 20 prosentin säästö ja ainakin 5 pistettä. Parannus on mahdollinen nykyaikaisilla energiatehokkailla ratkaisulla. Suurempi säästö on mahdollista saavuttaa muun muassa energiatehokkailla ikkunaratkaisuilla, hyvällä lämmön talteenoton hyötysuhteella, valaistuksen ohjauksilla ja ilmanvaihdon optimaalisella säädöllä ja ohjauksella. Lämpöpumppuja käyttämällä olisi saavutettavissa yli 30 prosentin säästö.

Uusiutuvan energian tuotannolla on suuri vaikutus pistemäärän nostamiseen kategoriassa *energia ja ilmasto*. Suomen sääolosuhteissa ja olemassa olevilla järjestelmillä kiinteistökohtaisen aurinko- ja tuulienergian tuotannon hyödyntäminen on rajallista. Pisteitä on mahdollista saavuttaa, jos kohteeseen valitaan uusiutuvaa omavaraisenergiaa tuottava järjestelmä. Kriteerinä on, että tontilla tuotetun uusiutuvan energian osuus on vähintään yksi prosentti, joka vaatisi noin 350–400 m<sup>2</sup> aurinkopaneeleita. *Energia ja ilmasto* -kategorian kokonaispistemäärää voidaan vielä nostaa ostamalla vihreäksi luokiteltua sähköä.

Platinatasoon vaadittava pistemäärä on 80 pistettä. Core & Shell -luokitusmallia käyttämällä saavutettaisiin platinataso, sillä tutkitut parannusehdotukset nostaisivat hankkeen pistemäärän 85 pisteeseen. New Construction -mallilla pisteet jäisivät 79 pisteeseen eli ympäristöluokitus jäisi kultatasoon. [34.]

## 6.2 Sähköenergian mittaukset

### 6.2.1 Vaatimukset energian mittauksille

Keilaranta Towerin energianmittauksia suunnitellessa tulee ottaa huomioon sekä kansalliset vaatimukset ja määräykset että LEED-sertifioinnin edellytykset mittauksille. Koska hanke on suuri ja kohteelle on asetettu ympäristövaatimuksia, sen sähköenergian mittausjärjestelmien suunnittelun ja rakentamisen ohjaukseen on luotu mittaus- ja varmennussuunnitelma. Mittaus- ja varmennussuunnitelma esittää systemaattisen mallin energiankäytön ohjaukselle hankkeen luonnos- ja toteutussuunnittelussa, hankinnoissa, vastaanotossa sekä takuujaksolla. Mallin systemaattisesti etenevä prosessi jakaantuu vaiheisiin kuvan 8 mukaan. Prosessi sisältää energiankäytön varmentamiseen vaadittavan mittaus- ja mittarointijärjestelmän muodostamisen sekä toteutuneisiin kulutuksiin perustuvan toteutuvien järjestelmien teknisten arvojen, käyttöaikojen, säätöarvojen ja ohjaustapojen tavoitteiden varmentamisen mittaustuloksien sekä lopullisen energiankäytön varmentamisen toteutuvista kulutuksista.



Kuva 8. Mittaus- ja varmennussuunnitelman systemaattisen prosessin vaiheet [35]

Energianmittausjärjestelmän suunnittelun lähtökohtina ovat tilaajan-, rakennusmääräysten- ja ympäristöluokituksen vaatimukset. Rakennusmääräykset vaativat, että rakennuksen eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Tällöin rakennukset on varustettava energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella. Rakennukset on varustettava sähkön ja lämmön kokonaismittauksella, lämpimän käyttöveden ja käyttöveden kierron häviöiden mittauksella sekä ilmanvaihdon, jäähdytysjärjestelmän ja valaistusjärjestelmän sähkönkulutusmittauksilla (ks. 4.1).

Tilaaaja edellyttää, että kiinteistön energia mitataan erikseen ja jokainen vuokralainen pystyy kilpailuttamaan ja ostamaan sähkönsä haluamaltaan toimittajalta. Kunkin vuokrattavan tilan sähköenergianmittaus sijoitetaan pääkeskustilaan. Sähköenergiamittarien tulee olla kaukoluettaavia, ja järjestelmästä tulee saada tuloste laskutusta varten. Jokainen IV- ja jäähdytyskone pumppuineen mitataan erikseen. Eriksään mitataan myös keittiöt, valaistuksen kulutus, hissit ja muut isommat kuluttavat kojeistot. [35; 36.]

#### 6.2.2 Mittarointisuunnitelma

Rakennuksen energiatehokkaaseen käyttöön ja ylläpitoon vaaditaan energiansäästöä sekä kulutuksen seuranta ja raportointia. Kulutusta on yleensä seurattu vain pääkulutusten osalta, mutta energiankulutuksen seuranta voidaan tarkentaa mittaamalla osakulutuksia. Keilaranta Tower tullaan liittämään suurjänniteverkkoon oman muuntamon kautta, ja kiinteistön sähköenergianmittaus tapahtuu myyntipisteessä 20 kV -liittymän yhteydessä. Kiinteistön sähkönkulutus mitataan myös muuntamon jälkeen. Alamittaukset sijaitsevat pienjännitepuolella. Pääkeskusten päämittauksiin käytetään verkkoanalysaattoria, jolla voidaan seurata sähköenergiankulutusta, jännite-, virta- ja tehosuureita sekä sähkön laatua.

Kiinteistöstä mitataan erikseen yhteistilojen valaistuksen ja ulkovalaistuksen sähkönkulutus. Kellaritilojen ollessa laajat, niistä on järkevää mitata erillisinä mittauksina valaistuksen kulutus, laitesähkö ja sähköautojen latauspaikkojen kulutus. Osakulutusten tarkkaa seuranta varten ilmanvaihdon sähkönkulutus mitataan ilmanvaihtokoneikoitain, ja jäähdytysverkostosta mitataan siihen kuuluvien pumppujen kulutus. Prosessienergian kulutus, kuten keittiön kylmälaitteiden kulutus tai muut vastaavat kulutukset, mitataan tarvittaessa. Kuvassa 9 (ks. seur. s.) havainnollistetaan alustavaa mittarointisuunnitelmaa, josta selviää kuinka kohteen alamittauksien jako voitaisiin toteuttaa.

	Yhteensä	342
<b>Päämittaus</b>	Energialaitoksen mittari	1
<b>Toimistot ja yhteistilat</b>	Verkko-analysaattori	5
<b>Vuokralaiskohtainen alamittaus</b>	<i>Energialaitoksen mittarit</i>	100
Valaistus	Energiamittaus	100
Työpiste	Energiamittaus	100
<b>Jäähdytyksen pumput</b>	<i>Mittaus</i>	6
Verkostopumput (ilmanvaihto-, tila- ja prosessijäähdytys)		
<b>Ilmanvaihdon sähkönkulutus</b>	<i>Mittaus</i>	6
Ilmanvaihtokoneittain	<i>Mittaus</i>	18
<b>Kiinteistön valaistus</b>		
<b>Keittiö</b>	<i>Ei mittausta</i>	1
Keittiön kylmälaitteet		1
Muut keittiölaitteet		
<b>Kellaritilat</b>	<b>1</b>	
<b>Autohallit ja kellarit (oma muuntaja)</b>	Verkko-analysaattori	1
Autohallin valaistus	Energiamittaus kerroksittain	3
Muu sähkönkulutus, kiinteistösähkö		
Sähköautopaikat		
<b>Laitetilat</b>		
Laitetilakohtainen mittaus	Energiamittaus	<i>Esim. 2</i>

Kuva 9. Mittarointisuunnitelma [35]

Kohteessa jokainen vuokralainen tulee solmimaan oman sähkönsopimuksensa. Vuokralaisittain mitataan valaistuksen kulutus sekä työpistekulutus, jolloin vuokralaiskohtaisia alamittauksia tulee suurehko määrä. Alamittauksien avulla pystytään kuitenkin entistä tarkemmin seuraamaan laitteiden ja järjestelmien energiankulutusta. Huoneistokohtaiset energiamittarit sijoitetaan yhteisiin tiloihin hissiaulan sähkötekniikkakuiluun, jolloin voidaan hyödyntää nousukiskoja. Energiamittausjärjestelmän suunnittelussa pään vaivaa aiheuttaa se, kuinka hoitaa vuokralaisten laskutus, mikäli vuokralaisen hallinnassa on esimerkiksi kellaritiloissa sijaitsevia varastotiloja tai sähköautojen latauspaikkoja. [35; 36.]

## 7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tarkastella sähkösuunnittelun kannalta energiatehokkaassa toimitilarakentamisessa huomioitavia suunnittelutavoitteita eri ympäristöluokitusjärjestelmien pohjalta sekä kuvata energiatavoitteiden todentamiseen tarvittavien sähköenergian mittauksien periaatteet. Sähköenergian mittausjärjestelmien rakenne käytiin lyhyesti läpi sekä selvitettiin mittarointia koskevat uudistuneet lait ja määräykset. Sähkösuunnittelussa täytyy huomioida lain asettamat vaatimukset mittauslaitteistolle sekä mahdolliset jakeluverkonhaltijoiden ohjeet.

Työssä todettiin, että kustannustehokkaimmat ja tärkeimmät päästöjen vähentämistävat ovat energiansäästö ja energiatehokkuus. Työssä esitettiin suunnitteluratkaisuja, joilla energiankulutusta voidaan pienentää ja energiatehokkuutta parantaa. Suurimassa roolissa ovat talotekniikan tarpeenmukainen käyttö, rakennusautomaatio, kulutuksen mittaukset ja seuranta sekä energiatehokkaiden laitteiden ja järjestelmien valinta. Suomen laki edellyttää rakennuksilta energiatodistusta, jonka avulla ilmoitetaan rakennuksen energiatehokkuus ja teknisiin ominaisuuksiin perustuvat tiedot.

Energiatodistuksen lisäksi työssä tutkittiin eri ympäristöluokitusjärjestelmiä. Ympäristöluokitusjärjestelmistä valittiin tutkittavaksi Suomessa kehitetyt kansalliset Promise- ja Kiinteistöpassi-ympäristöluokitusjärjestelmät sekä kansainvälisesti tunnetut ja suosittu LEED- ja BREEAM-luokitusjärjestelmät. Luokitusjärjestelmistä selvitettiin yleisesti mitä ne ovat, niiden hyödyt, millaiselle rakennukselle ne sopivat ja mihin niiden arvosanan määräytyminen perustuu. Selvityksen perusteella voidaan todeta, että eri ympäristöluokitusjärjestelmät ovat samankaltaisia ja kiinnittävät huomiota muun muassa energian ja veden käyttöön, materiaaleihin ja kierrätykseen, päästöihin sekä sisäympäristön laatuun.

Ympäristöluokitusjärjestelmistä selvisi, että monipuolisia ja kansainvälisesti tunnettuja LEED- ja BREEAM-luokitusjärjestelmiä käytetään Suomessa varsin yleisesti. Ne ovat haluttuja sertifikaatteja varsinkin kohteissa, joissa toimii kansainvälisiä yrityksiä. Suomalainen Promise-ympäristöluokitusjärjestelmä ei ole koskaan ollut kovin suosittu, ja kehityksen puutteen vuoksi sitä ei juurikaan enää käytetä. Kiinteistöpassi eli rakennuksen elinkaarimittarit on uusi, vuonna 2013 julkaistu kotimainen ympäristöluokitusjärjestelmä, jonka odotetaan saavuttavan suuren suosion tulevaisuudessa.

Sähkösuunnitteluratkaisuja havainnollistettiin hankesuunnittelussa olevan Keilaranta Towerin avulla, sillä kohteelle on asetettu vähimmäistavoitteeksi LEED Gold -taso. Työssä tarkasteltiin kohteen mahdollisuutta saavuttaa haluttu ympäristöluokitustaso sekä mitä suunnitteluratkaisuja on jouduttu tekemään tämän vuoksi. Tultiin tuloksiin, että nykyaikaisilla energiatehokkailla laitteilla ja järjestelmillä sekä hyödyntämällä automaatiota voidaan saavuttaa hyvä ympäristöluokitustaso. Todettiin myös, että pienillä parannuksilla kohteen olisi mahdollista saavuttaa myös korkein ympäristöluokitustaso.

Työ kerää yhteen sähköenergian mittauksia koskevat lait ja määräykset sekä antaa asiaan perehtymättömille neuvoja siitä, mihin seikkoihin energiatehokkaan ja ympäristöystävällisen toimitilan sähkösuunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota. Työtä voidaan hyödyntää työntekijöiden opastuksessa ja koulutuksessa, sillä työssä on käsitelty olennaisimmat sähkösuunnitteluun vaikuttavat asiat.

## Lähteet

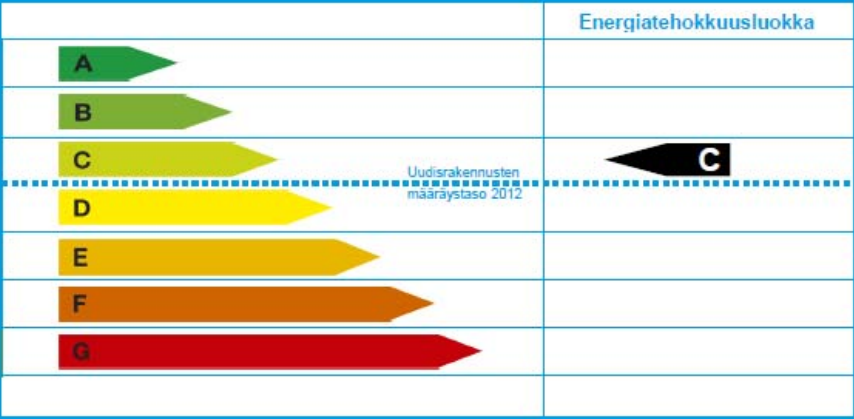
- 1 Sähkömarkkinalaki. 386/17.3.1995.
- 2 Valtioneuvoston asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. 66/2009.
- 3 Tuntimittauksen periaatteita. 2010. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <[http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sanomaliikenne/untimittausuusuositus\\_2010\\_linkit\\_paivitetty.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sanomaliikenne/untimittausuusuositus_2010_linkit_paivitetty.pdf)>. Päivitetty 4.12.2012. Luettu 18.1.2013.
- 4 Fortum Sähkönsiirto Oy:n ja Fortum Espoo Distribution Oy:n yleisohjeet sähköurakoitsijoille ja suunnittelijoille. 2012. Fortum Sähkönsiirto Oy.
- 5 Helsingin sähköasennusten suunnittelu- ja urakointiohjeet. 2009. Helsingin Energia Oy. <<https://www.helen.fi/urakoitsijat/urakointiohjeet/sisallys.html>>. Luettu 8.2.2013.
- 6 Sähköenergiamittauksen toteutus uudiskohteissa ja uusissa, enintään 3 x 63 A mittauskeskuksissa. 2012. Sähkötietokortisto ST 53.30. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 7 SFS 3381. 2000. Vaihtosähköenergian mittaaminen. Mittauslaitteistot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 8 Epäsuora ja suora mittaaminen. Verkkodokumentti. Helsingin Energia Oy. <[http://www.helen.fi/energiansaasto/sanasto\\_mit.html](http://www.helen.fi/energiansaasto/sanasto_mit.html)>. Luettu 20.2.2013.
- 9 Wallin, Pekka. 1991. Sähkötietokortiston perusteet. Espoo: Otatieto.
- 10 Kärkkäinen, Seppo, Koponen, Pekka, Martikainen, Antti, Pihala, Hannu. 2006. Sähkön pienkuluttajien etäluettavan mittaroinnin tila ja luomat mahdollisuudet. Verkkodokumentti. Loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriö, VTT. <<http://www.tem.fi/files/16745/Raportti-lopullinen.pdf>>. Luettu 15.2.2013.
- 11 Aidon 5530 etäluettavan mittarin käyttöohjeet. Verkkodokumentti. Helsingin Energia Oy. <[http://www.helen.fi/lomakkeet/verkko/Eta\\_aidon\\_5530.pdf](http://www.helen.fi/lomakkeet/verkko/Eta_aidon_5530.pdf)> Luettu 20.2.2013.
- 12 Piispanen, Markus. 2010. Synergioiden saavutettavuus automaattisessa mittarinluennassa sähkö-, kaukolämpö- ja vesihuolto-yhtiöiden välillä. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

- 13 Pertti Hämäläinen. 2005. Runkoverkko langattomasti. Verkkodokumentti. Tietokone-lehti, 2/2005, s. 59. <[http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone\\_5\\_2005/runkoverkko\\_langattomasti\\_2453](http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_5_2005/runkoverkko_langattomasti_2453)>. Luettu 20.2.2013.
- 14 Energian kokonaiskulutus väheni 5 prosenttia vuonna 2011. 2012. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <[http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/ehk\\_2011\\_2012-12-13\\_tie\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/ehk_2011_2012-12-13_tie_001_fi.html)>. Julkaistu 13.12.2012. Luettu 1.3.2013.
- 15 Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioonottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa. 2012. Sähkötiетokortisto ST 21.32. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 16 Rakennuksen energiatodistus uudistuu. 2013. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=142228&lan=fi>>. Päivitetty 27.2.2013. Luettu 16.4.2013.
- 17 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 18 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodituksesta. 27.2.2013.
- 19 Laki rakennuksen energiatodituksesta. 50/2013.
- 20 Rakennusten elinkaarimittarit. 2013. Verkkodokumentti. Green Building Council Finland. <[http://figbc.fi/wp-content/uploads/2013/01/Rakennusten\\_elinkaarimittarit\\_2013.pdf](http://figbc.fi/wp-content/uploads/2013/01/Rakennusten_elinkaarimittarit_2013.pdf)>. Luettu 2.4.2013.
- 21 Pelisääntöjä kestäväen kehityksen mittaamiseen. 2013. Plaani, 4.3.2013, s. 30–31.
- 22 LEED. 2013. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council. <<http://new.usgbc.org/leed>>. Luettu 18.3.2013.
- 23 LEED 2009 for New construction and major renovations. 2008. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council. <<http://new.usgbc.org/resources/leed-new-construction-v2009-current-version>>. Updated July 2012. Luettu 27.3.2013.
- 24 Mitä ovat LEED ja LEED-sertifiointi. 2013. Verkkodokumentti. ERMS Fimera Oy. <<http://www.erms.fi/cms/fi/vihreae-rakentaminen/mikae-leed-on>>. Luettu 27.3.2013.
- 25 Rakennusten ympäristöluokitukset. 2012. Verkkodokumentti. Green Building Council Finland. <<http://figbc.fi/kira/ymparistoluokitukset/>>. Luettu 27.3.2013.

- 26 LEED 2009 for Core & Shell Checklist. Verkkodokumentti.  
<<http://new.usgbc.org/resources/new-construction-v2009-checklist.xls>>. Luettu 27.3.2013.
- 27 BREEAM Brochure. 2011. Verkkodokumentti. BRE Ltd.  
<[http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAM\\_Brochure.pdf](http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAM_Brochure.pdf)>. Luettu 15.3.2013.
- 28 BREEAM toimii kaikkialla maailmassa. 2013. Verkkodokumentti. ERMS Fimera Oy. <<http://www.erms.fi/cms/fi/vihreae-rakentaminen/mikae-breeam-on>>. Luettu 15.3.2013.
- 29 BREEAM Schemes. Verkkodokumentti. BRE Global.  
<<http://www.breeam.org/podpage.jsp?id=5>>. Luettu 15.3.2013.
- 30 Kiinteistö-Promisen käyttöohje. Verkkodokumentti. Motiva Oy.  
<<http://www.motiva.fi/files/2230/KiinteistoPromiseManual.pdf>>. Luettu 13.3.2013.
- 31 Hanke-Promisen käyttöohje. Verkkodokumentti. Motiva Oy.  
<<http://www.motiva.fi/files/2229/HankePromiseManual.pdf>>. Luettu 13.3.2013.
- 32 Keilaranta Tower. 2012. Arkkitehti-piirustukset. Arkkitehtitoimisto Helin & Co Oy.
- 33 Keilaranta Tower. Verkkodokumentti. Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen. <<http://www.keilarantatower.fi>>. Luettu 12.4.2013.
- 34 Rintala Timo. 2012. LEED-esiselvitys. Raportti. Green Building Partners Oy.
- 35 Rintala Timo. 2012. Energiankäytön mittaus- ja varmennussuunnitelma. Raportti. Green Building Partners Oy.
- 36 Sahlström Tapani. 2013. Keilaranta Tower. Sähköjärjestelmäkuvaus. Insinööri-toimisto SIR-Sähkö Oy.

## Energiatodistus

Uudistettu energiatodistus [18].

ENERGIATODISTUS									
Rakennuksen nimi ja osoite:									
Rakennustunnus: Rakennuksen valmistumisvuosi:									
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:									
Todistustunnus:									
 <table border="1"><thead><tr><th>Energiatotehokkuusluokka</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td></tr><tr><td>B</td></tr><tr><td>C</td></tr><tr><td>D</td></tr><tr><td>E</td></tr><tr><td>F</td></tr><tr><td>G</td></tr></tbody></table>	Energiatotehokkuusluokka	A	B	C	D	E	F	G	
Energiatotehokkuusluokka									
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)									
Todistuksen laatija:	Yritys:								
Allekirjoitus:									
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:								

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUUDESTA				
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus				
Lämmitetty nettoala Lämmitysjärjestelmän kuvaus Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus				
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö			-	
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko				
Luokkien rajat asteikolla				
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka				C
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>				

ENERGIAEHOVUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET	
Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi	
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia	
<p>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".</p>	

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka				
Rakennuksen valmistumisvuosi	Lämmitetty nettoala			m <sup>2</sup>
<b>Rakennusvaippa</b>				
Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	m <sup>2</sup> /(h m <sup>2</sup> )			
	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Ulko-ovet				
Kylmäsiilat	-	-		
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>				
	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	gkohtsuora-arvo -	
Pohjoinen				
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:				
	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet			-	-
Erillispoistot			-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä			-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:				
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin <sup>1</sup> -	Apulaitteiden sähkökäyttö <sup>2</sup> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
<sup>2</sup> lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
<b>Lämmin käyttövesi</b>				
	Ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Lämmin käyttövesi				
<b>Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla</b>				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka				
Rakennuksen valmistumisvuosi				
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>				
E-luku, kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)				
<b>E-luvun erittely</b>				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh <sub>E</sub> /vuosi kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)	
YHTEENSÄ				
<b>Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>				
		Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>				-
Tuloilman lämmitys				-
Lämpimän käyttöveden valmistus				-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus			-	-
Jäähdytysjärjestelmä				-
Kuluttajalaitteet ja valaistus			-	-
YHTEENSÄ				
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
<b>Energian nettotarve</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>				
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
Jäähdytys				
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
<b>Lämpökuormat</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Aurinko				
Henkilöt				
Kuluttajalaitteet				
Valaistus				
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä				
<b>Laskentatyökalun nimi ja versionumero</b>				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS					
Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.					
Toteutunut ostoenergiankulutus					
Lämmitetty nettoala m <sup>2</sup>					
Ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kaukolämpö					
Kokonaissähkö					
Kiinteistö sähkö					
Käyttäjäsähkö					
Kaukojäähdytys					
Ostetut polttoaineet <sup>1</sup>	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m <sup>3</sup>	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m <sup>3</sup>	1700		
Puupelletit		kg	4,7		
<sup>1</sup> Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".					
Toteutunut ostoenergia yhteensä					
Sähkö yhteensä				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kaukolämpö yhteensä					
Polttoaineet yhteensä					
Kaukojäähdytys					
<b>YHTEENSÄ</b>					
Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutusliefoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.					



Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, <a href="http://www.motiva.fi">www.motiva.fi</a>				

# LEED-arviointilomake

LEED Core and Shell -luokan arviointilomake [26].

LEED 2009 for Core and Shell Development		Project Name		
Project Checklist		Date		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Materials and Resources</b>	<b>Possible Points: 13</b>	
Y	7	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables	1 to 5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1 to 2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	Construction Waste Management	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3	Materials Reuse	1 to 2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4	Recycled Content	1 to 2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5	Regional Materials	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6	Certified Wood	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Indoor Environmental Quality</b>	<b>Possible Points: 12</b>	
Y	7	Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	Increased Ventilation	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3	Construction IAQ Management Plan—During Construction	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.1	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.2	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.3	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.4	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7	Thermal Comfort—Design	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Innovation and Design Process</b>	<b>Possible Points: 6</b>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.5	Innovation in Design: Specific Title	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	LEED Accredited Professional	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Regional Priority Credits</b>	<b>Possible Points: 4</b>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Total</b>	<b>Possible Points: 110</b>	
<small>Certified 40 to 49 points Silver 50 to 59 points Gold 60 to 79 points Platinum 80 to 110</small>				

LEED 2009 for Core and Shell Development		Project Name		
Project Checklist		Date		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Sustainable Sites</b>	<b>Possible Points: 28</b>	
Y	7	Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	Site Selection	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	Development Density and Community Connectivity	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3	Brownfield Redevelopment	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.1	Alternative Transportation—Public Transportation Access	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.2	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.3	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4.4	Alternative Transportation—Parking Capacity	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.1	Site Development—Protect or Restore Habitat	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.2	Site Development—Maximize Open Space	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6.1	Stormwater Design—Quantity Control	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6.2	Stormwater Design—Quality Control	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7.1	Heat Island Effect—Non-roof	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 7.2	Heat Island Effect—Roof	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 8	Light Pollution Reduction	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 9	Tenant Design and Construction Guidelines	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Water Efficiency</b>	<b>Possible Points: 10</b>	
Y	7	Prereq 1	Water Use Reduction—20% Reduction	2 to 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	Water Efficient Landscaping	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	Innovative Wastewater Technologies	2 to 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3	Water Use Reduction	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Energy and Atmosphere</b>	<b>Possible Points: 37</b>	
Y	7	Prereq 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 2	Minimum Energy Performance	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 1	Optimize Energy Performance	3 to 21
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 2	On-Site Renewable Energy	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 3	Enhanced Commissioning	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 4	Enhanced Refrigerant Management	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.1	Measurement and Verification—Base Building	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 5.2	Measurement and Verification—Tenant Submetering	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Credit 6	Green Power	2