

Markus Mustonen

**YMPÄRISTÖLUOKITUKSIEN HUOMIOINTI TALOTEKNIKKASUUNNITTELUSSA**

## **YMPÄRISTÖLUOKITUKSIEN HUOMIOINTI TALOTEKNIKKASUUNNITTELUSSA**

Markus Mustonen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2023  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tekniikan yksikkö, talotekniikan koulutusohjelma, ylempi ammattikorkeakoulututkinto

---

Tekijä: Markus Mustonen

Opinnäytetyön nimi: Ympäristöluokitusten huomiointi talotekniikkasuunnittelussa

Työn ohjaaja: Kari Heiskari, Jarkko Hurme

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2023

Sivumäärä: 150 + 7 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Elvak Oy:lle talotekniikan projektisuunnitteluohjeet viidelle erilaiselle vihreään rakentamiseen pohjautuvalle ympäristösertifikaatille. Opinnäytetyössä tutkittiin ulkomaalaisista sertifiointijärjestelmistä LEED- (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM- (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) ja WELL-ympäristöluokituksia ja kotimaisista sertifikaattijärjestelmistä RTS-ympäristöluokitusta sekä Joutsenmerkkiä. Ohjeistuksen tarkoituksena on ylläpitää ja kehittää yrityksen toimintaa sekä kasvattaa sen markkina-asemaa. Työssä tarkastellaan organisaation strategiaa ja toimintaa, jotka luovat pohjan opinnäytetyön aiheen valinnalle ja työn rajauksille.

Opinnäytetyön teoriapohjana on käytetty ympäristöluokitukseen liittyvää kirjallisuutta. Kirjallisuuden avulla perehdytään ympäristöluokitusten yleiseen rakenteeseen ja talotekniikkasuunnitteluun kohdistuviin vaatimuksiin. Jokaisen ympäristöluokituksen yleinen rakenne ja talotekniset osuudet tarkastellaan erillisinä kokonaisuuksina läpi tässä työssä. Opinnäytetyön teoriaosuudessa perehdytään Suomen ja Euroopan unionin lainsäädäntöön, määräyksiin, asetuksiin sekä ohjeisiin, joita verrataan ympäristöluokituksissa asetettuihin talotekniseen suunnitteluun vaikuttaviin vaatimuksiin. Työssä perehdytään riittävässä määrin ympäristösertifikaateissa mainittuihin standardeihin ja niiden sisältöön, jotka myös ohjaavat rakennushankkeiden taloteknistä suunnittelua.

Esiselvityksen avulla yritykselle luotiin viisi erilaista talotekniikan suunnitteluohjetta aputyökaluineen, jotka ohjaavat ympäristösertifikaatilla varustettujen projektihankkeiden taloteknistä suunnittelua ja projektijohtamista. Työssä käydään läpi suunnitteluohjeiden yleistä rakennetta ja aputyökaluja, minkä jälkeen työssä perehdytään ympäristöluokitusohjeiden projektijohtamiseen. Opinnäytetyössä hyödynnetään yritykselle aiemmin luotua talotekniikan prosessikaaviota ohjeiden käytön jalkauttamisessa osaksi organisaation toimintaa. Suunnitteluohjeiden painoarvo kohdistuu eniten talotekniikkasuunnitteluprosessin alkupään vaiheisiin, sillä ne vaikuttavat merkittävästi yksittäisen suunnitteluprojektin jouhevuteen.

Työssä havaittiin, että yritys voi saavuttaa paremmin organisoitua sisäistä toimintaa ja kehittää projektikohtaista suunnitteluaan. Tämä toimenpide mahdollistaa paremman katetuoton yritykselle ja luo mahdollisuuden strategian päivitykselle, joka huomioi laajemmin ympäristöystävällistä rakentamista ja suunnittelua. Suunnitteluohjeiden sisältöä voidaan pilkkoa myös erillisiksi ohjeiksi tai tietopaketeiksi asiakkaita varten. Työn aikana kehitetyt suunnitteluohjeet sekä niihin liittyvät aputyökalut otettiin välittömästi käyttöön yrityksen toiminnassa tämän kehitystyön valmistumisen jälkeen. Opinnäytetyö sisältää luottamuksellista tietoa, jota ei esitetä julkisessa versiossa.

---

Asiasanat: ympäristösertifikaatti, talotekniikka, LEED, BREEAM, WELL, RTS-ympäristöluokitus, Joutsenmerkki

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Civil Engineering, Option of Building Services

---

Author: Markus Mustonen

Title of thesis: Consideration of environmental classifications in MEP-design

Supervisor: Kari Heiskari, Jarkko Hurme

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2023

Number of pages: 150 + 7 appendices

---

The objective of this thesis was to develop MEP-design guidelines for Elvak Ltd. for five different green building environmental certifications. LEED- (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM- (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), WELL-, RTS-environmental classification and The Nordic Swan Ecolabel environmental certifications were examined in the thesis. The purpose is to maintain, develop and grow the company's business and market position. The thesis examines the organization's strategy and mission, which form the basis for the choice of the thesis.

The theoretical basis of the thesis is literature related to environmental classifications. The literature is used to describe the general structure of environmental classifications and the requirements for MEP-design. The theoretical part of the thesis introduces the Finnish and European union legislations, regulations, ordinances, and guidelines, which are compared with the requirements set in the environmental classifications that affect the technical building design. The thesis provides a sufficient introduction to the standards and their contents mentioned in the environmental certificates, which also guide the technical design of building projects.

The preliminary study led to the creation of five different building services engineering design guidelines for the company with supporting tools to guide the MEP-design and project management. The general structure of the design guidelines and the supporting tools are discussed, followed by an introduction to project management of environmental certification projects. The thesis makes use of a previously created MEP-design process diagram for the company to implement the guidelines into the organization's operations. The emphasis of the design guidelines is most focused on the preliminary stages of the building services engineering design process, as they have a significant impact on the smoothness of the individual design project.

The work found that a company can achieve better organized internal operations and develop project-based planning. This measure will allow the company to achieve a better return on investment and create an opportunity for updating strategy, which will consider more environmentally friendly construction and design. The content of the design guidelines can also be broken down into separate guidelines or information packages for customers. The design guidelines developed during this work and the associated support tools were immediately implemented in the company's operations after the completion of this development work. This thesis contains confidential information which will not be disclosed in the public domain.

---

Keywords: environmental certification, MEP-design, LEED, BREEAM, RTS, The Nordic Swan Ecolabel

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	5
SANASTO.....	7
1 JOHDANTO.....	10
2 TALOTEKNIIKAN ORGANISAATION TOIMINTA ELVAK OY:SSÄ.....	12
2.1 Yrityksen strategia ja arvot.....	12
2.2 Talotekninen suunnitteluprojekti organisaatiossa.....	13
2.3 Työn tavoitteet.....	16
2.4 Työn rajaukset.....	17
3 YMPÄRISTÖLUOKITUKSET.....	19
3.1 LEED-ympäristösertifiointi.....	23
3.1.1 Integroiva prosessi.....	26
3.1.2 Sijainti ja kulkuyhteydet.....	28
3.1.3 Kestävä maankäyttö ja lähiympäristö.....	29
3.1.4 Tehokas vedenkäyttö.....	31
3.1.5 Talotekniikan toiminnanvarmistukset.....	36
3.1.6 Rakennuksen energiankäyttö.....	38
3.1.7 Sisäilman laatu.....	43
3.1.8 Suunnittelun innovaatiot.....	47
3.2 BREEAM-ympäristösertifiointi.....	47
3.2.1 Projektinjohtaminen.....	49
3.2.2 Terveys ja hyvinvointi.....	53
3.2.3 Energiankäyttö.....	58
3.2.4 Liikennöinti.....	63
3.2.5 Vesi.....	63
3.2.6 Materiaalit.....	67
3.2.7 Saasteet.....	67
3.3 WELL-ympäristösertifiointi.....	70
3.3.1 Ilma.....	73
3.3.2 Vesi.....	80
3.3.3 Lämpöviihtyyvyys.....	84

3.3.4	Valo.....	87
3.4	RTS-ympäristöluokitus .....	88
3.4.1	Rakentamisen kotimaiset käytännöt .....	91
3.4.2	Prosessi .....	94
3.4.3	Talous .....	98
3.4.4	Ympäristö ja energia .....	100
3.4.5	Sisäilma ja terveellisyys .....	105
3.5	Joutsenmerkki .....	111
3.5.1	Rakennuksen energiankäyttö.....	114
3.5.2	Valaistuksen ja energiankulutuksen hallinta.....	114
3.5.3	Energiatehokkaat kodinkoneet ja kalusteet.....	116
3.5.4	Uusiutuvan energian käyttö.....	118
3.5.5	Rakennuksen vähähiilisyden arviointi.....	118
3.5.6	Ilmatoriskien arviointi ja mukautuminen.....	119
3.5.7	Muuntojoustavuus ja purettavuus .....	120
3.5.8	Rakennustuotteiden päästöt .....	120
3.5.9	Luonnon monimuotoisuus .....	121
3.5.10	Päivänvalon saatavuus ja aurinkosuojaus .....	122
3.5.11	Lämpöviihtyvyys.....	122
3.5.12	Radonpäästöt.....	124
3.5.13	Kosteudenhallinta ja ilmatiiveys .....	124
3.6	Ympäristöluokitusten vertailu .....	125
4	SUUNNITTELUOHJEIDEN LUONTI JA KÄYTTÖÖNOTTO .....	128
4.1	Kehitystyön analysointi ja toteutus .....	128
4.2	Suunnitteluohjeet ja aputyökalut.....	131
4.3	Projektijohtaminen ympäristösertifikaattihankkeissa.....	135
4.4	Ohjeiden käyttöönottoprosessi talotekniikan suunnitteluorganisaatiossa .....	139
5	YHTEENVETO .....	141
	LÄHTEET.....	143
	LIITTEET .....	150

## SANASTO

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Yhdysvaltojen ammatillinen LVI-alan yhdistys.
BRE	Building Research Establishment. Iso-Britannian järjestö, joka toimii rakennetun ympäristön asiantuntijana.
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method. BRE:n kehittämä kansainvälinen ympäristösertifiointijärjestelmä rakennuksille.
CFC	Chlorine-Fluorine-Carbon. Kemiallisia yhdisteitä, joita kutsutaan myös freoneiksi.
COP	Coefficient of Performance. Lämpöpumpun tehokkuuden arvo.
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide. Hiilidioksidi.
DIALux	Valaistussuunnittelussa käytettävä tietokoneohjelmisto.
EPD	Environmental Product Declaration. Riippumattomasti varmennettu ja rekisteröity ympäristöseloste.
FIGBC	Green Building Council Finland. Maailmanlaajuisen World Green Building Councilin jäsen. Edistää vihreää rakentamista ja kestäväen kehityksen käytäntöjä.
GBCI	Green Business Certification Inc. USGBC:n alainen organisaatio, joka todentaa LEED-sertifiointihakemukset, myöntää myös WELL-sertifikaatit.
GWP	Global-Warming Potential. Ilmastonlämpenemispotentiaalin mittari.

IWBI	International WELL Building Institute. Organisaatio, joka on kehittänyt WELL-sertifikaatin ja ylläpitää sitä.
LCA	Life Cycle Assessment. Elinkaaren arviointimenetelmä.
LCC	Life Cycle Cost. Elinkaarikustannuslaskennan arviointimenetelmä.
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design. Yhdysvalloissa kehitetty kansainvälinen ympäristösertifiointijärjestelmä rakennuksille.
LZC	Low and Zero Carbon. Teknologiat, jotka aiheuttavat vain vähän hiilidioksidipäästöjä tai eivät aiheuta lainkaan hiilidioksidipäästöjä.
M1	Suomalainen rakennusmateriaalien päästöluokitusmerkintä.
MERV	Minimum Efficiency Reporting Value. ASHRAE:n kehittämä ilmansuodattimien tehokkuusluokitus.
NOx	Nitrogen Oxides. Typen oksidipäästöt.
NTU	Nephelometric Turbidity Units. Nefelometrinen turbiditeetin yksikkö. Veden sameuden mittayksikkö.
ODA	Outdoor Air. Ulkoilman hiukkaspitoisuuden luokitusjärjestelmä.
ODP	Ozone Depletion Potential. Kemiallisen yhdisteen otsonikatopotentiaali.
PMV	Predicted Mean Vote. Ennakoitu keskimääräinen lämpöaistimus.
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied. Ennakoitu tyytymättömien osuus.
ppm	parts per million. Miljoonasosa.
RTS-ympäristöluokitus	Rakennustietosäätiön kehittämä ympäristöluokitusjärjestelmä.



Sertifikaatti	Dokumentti, joka vahvistaa, että henkilö, organisaatio, prosessi, tuote tai palvelu täyttää tietyn standardin, vaatimuksen tai kriteerit.
SVOC	Semi-Volatile Organic Compounds. Puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet.
TVOC	Total Volatile Organic Compounds. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä.
UGR	Unified Glare Rating. Kuvaa valon kiusahäikäisyn määrää eri kulmista katsottuna.
USGBC	U.S. Green Building Council. Yhdysvaltalainen organisaatio, joka hallinnoi LEED-ympäristöluokitusta.
VOC	Volatile Organic Compounds. Haihtuva orgaaninen yhdiste.

# 1 JOHDANTO

Talotekniikan ala on kehittynyt viime vuosikymmenen aikana voimakkaasti niin kansallisesti kuin kansainvälisesti. Talotekniikan suunnitteluprosessit ovat myös merkittävästi digitalisoituneet vuosien kuluessa ja digitaalisesta suunnittelusta on tullut arkipäivää. Talotekniikan järjestelmien digitaalisella suunnittelulla, kiinteistöjen IoT-laitteilla (Internet of Things) sekä energiayhteisöjen tuottamalla datalla mahdollistetaan suuri potentiaali energiatehokkaiden rakennuksien toteuttamiseen. Nykypäivänä kiinnitetään aiempaa enemmän huomiota ympäristöystävälliseen rakentamiseen ja hiilipäästöttömyyteen, jotta ilmastonmuutosta voidaan hallita mahdollisimman tehokkaasti. Ratkaisulla pystytään vaikuttamaan kiinteistöjen sekä talotekniikan elinkaarien hallintaan, rakennuksien hiilineutraalisuuteen ja vihreää rakentamista huomioivien yritysten palveluliiketoimintaan. Palveluliiketoiminnalla voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia kiinteistöjen energiatehokkuuteen, turvallisuuteen, ylläpitoon ja huoltoon.

Opinnäytetyössä tarkastellaan aluksi Elvak Oy:n strategisia toimenpiteitä ja projektisuunnittelun toteuttamista. Jokaisen yrityksen lähtökohtainen tarkoitus on tuottaa voittoa yrityksen osakkeenomistajille. Tähän tavoitteeseen päästäkseen yritykset pyrkivät tuottamaan asiakkailleen lisäarvoa tuotavia palveluita tai tuotteita. Yrityksen liiketoiminta koostuu erilaisista prosesseista. Kyseiset prosessit jakautuvat pienempiin osaprosesseihin. Osa näistä prosessien kohdista tuottaa asiakkaalle projektikohtaista lisäarvoa ja osa taas ei. Organisaatio haluaa kehittää talotekniikkasuunnittelun prosessivaiheitaan entistä tehokkaammiksi, jotta yrityksessä asetetut strategiset päätökset ja tavoitteet ovat saavutettavissa. Yrityksen päämäärätietoisena tavoitteena on toimia talotekniikan edelläkävijänä. Tämän mission saavuttamiseksi tarvitaan tiimikohtainen visio ja mielikuva siitä, kuinka kyseinen asia voidaan saavuttaa ja millä keinoin. Kehittämällä päämäärätietoisia tavoitteita ja toteutustapoja luodaan uusia keinoja parantaa taloteknillistä projektisuunnittelua hankevaiheesta aina kohteen luovutukseen saakka.

Työssä käydään läpi sille asetetut tavoitteet ja rajaukset. Elvak Oy:ssä halutaan pysyä ajan tasalla ympäristöluokitusten nousevassa trendissä ja niiden sisältämissä taloteknisissä vaatimuksissa. Yritykselle on jo ennestään tullut paljon kyselyitä ympäristöluokitusten taloteknisistä sisällöistä, johon yritys haluaa nyt reagoida. Yrityksellä ei toistaiseksi ollut suurta valmiutta järjestää konsultointiapua ympäristösertifikaattihankkeisiin. Tulevaisuudessa yritys pyrkii tarjoamaan

ympäristöluokitusta tavoitteleviin hankkeisiin talotekniikan konsultointiapua rakennuttajille sekä suunnittelijoille.

Työlle asetettujen tavoitteiden ja rajoitusten jälkeen keskitytään opinnäytetyön kirjalliseen teoriaosuuteen. Teoriaosuudessa paneudutaan vihreän rakentamisen ympäristösertifikaatteihin ja niiden taloteknisiin sisältöihin. Työ aloitetaan käymällä läpi ympäristöluokitusten yleisiä asioita, minkä jälkeen tutkitaan tähän työhön valittujen ympäristösertifikaattien rakennetta ja niiden taloteknillisiä vaatimuksia sekä vaikutuksia talotekniikan projektisuunnitteluun. Opinnäytetyöhön on kerätty koostava teoriakokonaisuus ympäristöluokitusten teknillisistä vaatimuksista, jotka palvelevat tämän työn myöhemmissä vaiheissa.

Teoriaosuuden jälkeen työssä keskitytään kehittämistehtävän toimenpiteisiin. Kehittämistehtäväksi organisaatiolle valikoitui luoda ympäristösertifikaattihankkeita varten talotekniikkasuunnittelua ohjaavat projekti-ohjeet, jotka helpottavat suunnittelijoiden ja projektipäälliköiden työtä. Kehittämällä projektikohtaista suunnittelua voidaan vähentää työntekijöiden kuormitusta ja taata parempaa tuotavuutta yrityksen toiminnalle. Elvak Oy:lle kehitetään lisäksi suunnitteluohjeita tukevia aputyökaluja, jotka pohjautuvat teoriaosuudessa läpikäytyihin kohtiin.

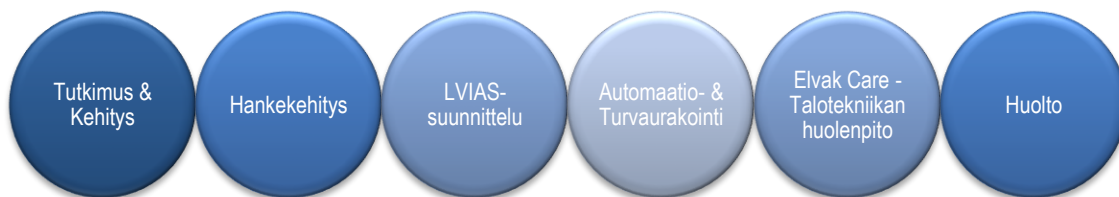
Työn tuotoksena yritykselle luodaan selkeät Word- ja Excel-pohjaiset työkalut, jotka sisältävät kaiken oleellisen tiedon taloteknisten suunnitelmien toteuttamisesta ympäristösertifikaattihankkeisiin. Mahdollisimman pitkälle automatisoidulla dokumentoinnilla ja aputyökaluilla pystytään säästämään suunnitteluprojektiin käytettävää aikaa sekä vaikuttamaan suunnittelijoiden sekä projektipäälliköiden työkuormiin. Ympäristösertifikaatit lisäävät työkuorman määrää normaalin taloteknisen suunnittelukohteen toteutukseen verrattuna.

Työssä esitellään ympäristöluokitusohjeiden yleinen runko, minkä jälkeen työhön kuuluu suunnitteluohjeiden käyttöönoton toteuttaminen. Ohjeita jalkautetaan henkilöstön käyttöön hyödyntämällä yrityksen sisäisiä toimenpiteitä mahdollisimman tehokkaasti. Suunnitteluohjeiden käyttöönotossa hyödynnetään yritykselle luotua talotekniikan prosessikaaviota, johon perehdytään työn loppupuolella. Luotua materiaalia voidaan hyödyntää välittömästi talotekniikan suunnitteluprojekteissa. Tässä opinnäytetyössä luotuja ohjeistuksia ja raporttia on rajattu. Opinnäytetyö sisältää luottamuksellista tietoa, jota ei esitetä julkisessa versiossa.

## 2 TALOTEKNIIKAN ORGANISAATION TOIMINTA ELVAK OY:SSÄ

Työn tilaajana toimii Elvak Oy, joka on vuonna 2009 perustettu osakeyhtiö. Yhtiö on talotekniikka-suunnitteluun ja -urakointiin erikoistunut kasvuyritys. Yritys työllistää tällä hetkellä yli 50 työntekijää kolmella eri toimipisteellä, jotka sijaitsevat Kempeleessä, Vantaalla ja Haapavedellä. Noin puolet yrityksen henkilöstöstä työskentelee kiinteistöautomaatio- sekä huolenpitosektorilla ja loput talotekniikan suunnittelutehtävissä. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2022 yli viisi miljoona euroa. (1.)

Elvak Oy tarjoaa talotekniikan asiantuntijapalveluita julkiselle ja yksityiselle sektorille. Yrityksen tarjontaan kuuluvat talotekniikan tuote- ja hankekehitys, suunnittelu, kiinteistöautomaatio- ja turvajärjestelmien urakointi sekä huolenpitopalvelut. Asiakkaille tuotetaan kattavaa kokonaispalvelua, mikä alkaa kohteen suunnittelusta ja etenee toteutuksen kautta aina elinkaaren hallintaan liittyviin ylläpitopalveluihin. Kaikki yrityksen luomat tuotteet sekä palvelut täydentävät toisiaan. (1.) Yrityksen palvelut esitetään kuvassa 1.



KUVA 1. Elvak Oy:n palvelutarjontaa (1)

### 2.1 Yrityksen strategia ja arvot

Yrityksen toimintaa ohjaa liiketoimintastrategia. Se laaditaan yhteistyössä johdon ja suunnittelualojen esihenkilöiden kanssa. Yhtiön strategiaa ja tulevaisuuden visiota tarkastellaan vuosittain, ja siihen tehdään tarvittaessa muutoksia. Strategian seuraavana askelmana on pyrkiä olemaan tuottava organisaatio, jossa on kestävä kasvua. Elvak Oy:n strategisena tavoitteena on olla talotekniikan edelläkävijä. (1; 2.)

Yrityksen strategian perusta koostuu sille asetetuista arvokriteereistä. Ne luovat pohjan organisaation strategian luomiselle ja tavoitteiden asettamiselle. Yrityksen toiminnan pohjana on tuottaa

laadukkaita taloteknillisiä ratkaisuja, joissa huomioidaan muun muassa ympäristöystävällisyyttä ja kustannustehokkuutta. Yrityksen yksi suurimmista vahvuuksista on se, että saman katon alla toimii useita eri talotekniikan suunnittelualoja ja automaatiourakointia. Alojen välisellä yhteistyöllä voidaan parantaa taloteknisten järjestelmien yhteensovituksia ja löytää kustannustehokkaita ratkaisuja asiakkaille. Hyödyntämällä yrityksen talotekniikan huolenpito- sekä huoltopalvelua voidaan kiinteistöjen taloteknistä toimintaa seurata ja ohjata toimimaan energiatehokkaasti koko elinkaaren ajan. (2.)

Arvot tarkoittavat yrityksen periaatteita sekä ohjenuoria, jotka näkyvät yrityksen työntekijöiden jokapäiväisessä toiminnassa ja henkilöstöjohtamisessa. Arvoilla määritellään, miten asiakkaat kohdataan ja kuinka yrityksessä otetaan yhteiskunnallista vastuuta. Niillä myös ohjataan tapaa millä yrityksen tuotteet ja palvelut rakennetaan. Työyhteisössä kaiken keskipisteenä on viimekädessä aina ihminen. Yrityksen arvomaailmaan kuuluvat työntekijöiden hyvinvointi, rehellisyys, vastuullisuus, uusien ratkaisutapojen kehitys, yrityksen sisäisten toimenpiteiden parantaminen ja uusien rohkeiden näkemysten ilmi tuominen. Yritys haluaa panostaa työntekijöiden hyvinvointiin, ja osoittaa, että jokainen henkilö on osa organisaatiota ja merkittävässä asemassa omalla työpanoksellaan. Toimenpiteellä kasvatetaan yrityksen tiimihenkeä, mikä koetaan edesauttavaksi voimavaraksi. Organisaation johto kannustaa työntekijöitään myös lisäkouluttautumaan, jos siihen on mahdollisuus (2.)

## **2.2 Talotekninen suunnitteluprojekti organisaatiossa**

Projektilla tarkoitetaan joko hanketta, ehdotusta tai suunnitelmaa ja sillä pyritään pääsemään ennalta määritettyyn tavoitteeseen. Se on yleensä harkittu sekä suunniteltu hanke, jolle on määritetty selkeät aloitus- ja lopetusaikataulut. Projektille määritetään aina käytettävissä olevat resurssit ja projektiorganisaatio. (3, s. 4.) Projektin määrittäjä pyrkii yleensä hakemaan kohteelleen lisäarvoa tai muuta hyötyä itselleen. Jokainen projekti on ainutkertainen kokonaisuus, eikä niiden pitäisi toistua sisällöltään samanlaisina. Hyvän organisaation merkki on, että se hyödyntää saavutettuja oppeja myöhemmissä työskentelymenetelmissään. (4, s. 14.)

Talotekniikan suunnitteluorganisaatiossa projektilla viitataan hankkeen talotekniseen suunnitteluun. Tyypillinen talotekniikan suunnitteluprojekti on joko uudisrakennus tai saneerauskohde. Suunnittelukohteet vaihtelevat pienestä hankkeesta aina suuriin alueellisiin hankekokonaisuuksiin.

Hanke voi olla esimerkiksi asuinkerrostalo, hallikiinteistö, koulu- tai toimistorakennus. Talotekninen suunnitteluhanke koostuu yleensä lämmitys-, käyttövesi-, viemäri-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatio suunnitelmista. Lisäksi työhön voi kuulua muiden erikoisjärjestelmien sekä niihin kuuluvien putkistojen ja kanavien suunnittelemista hankkeen mukaisesti. (5, s. 1–3.)

Talotekninen suunnitteluprojekti käynnistyy yksityisellä sektorilla yleensä aina tilaajan tarjouskyselyn pohjalta. Julkisella sektorilla projekti käynnistyy kilpailutuksessa olevan tarjousaineiston pohjalta. Tarjousvaiheen jälkeen järjestetään sopimus- ja kauppavaihe, joissa kaikki sopimukseen liittyvät yksityiskohdat käydään tarkasti läpi. Tämän jälkeen sopimukset allekirjoitetaan. Seuraavaksi projektissa aloitetaan kohteen hankesuunnitelmien työstäminen. Hankesuunnitteluvaiheessa toteutetaan alustavat tekniset tilavaraukset sekä järjestelmävalinnat pohjapiirustuksiin. Kyseisen vaiheen jälkeen aloitetaan varsinainen luonnos- ja ehdotussuunnittelu hankkeelle, joissa tuotetaan varsinaisia teknillisiä pääjärjestelmiä, -reittejä ja määritellään tekniikan laitteistojen sijoitukset pohjakuviin. (5, s. 1–9.)

Luonnossuunnittelun jälkeen hankkeelle laaditaan työpiirustustasoiset suunnitelmat. Niihin toteutetaan kaikki kohteeseen liittyvien järjestelmien, tekniikoiden ja laitteiden yksityiskohtaisemmat suunnitelmat. Piirustusten ja luetteloiden valmistuttua ne luovutetaan työmaan käyttöön, jolloin varsinainen työmaavaihe käynnistyy ja samalla aktiivinen suunnitteluvaihe tulee päätökseen. Työmaaikaisia muutoksia päivitetään aina tarpeen mukaisesti suunnitelmiin. Kun työmaavaihe tulee päätökseen, aloitetaan hankkeen käyttöönotto- ja luovutusvaihe, jonka jälkeen talotekniset suunnitelmat tarkastetaan ja päivitetään loppupiirustuksiin. Talotekniikan suunnitteluprojekti päättyy virallisesti silloin, kun tilaajalle on luovutettu kohteen loppupiirustukset ja siihen liittyvät muut tekniset aineistot. (5, s. 9–29.)

Suunnitteluprojektiin osallistuu yleensä usean eri suunnittelualueen henkilöitä. Osallistuvia henkilöitä ovat muun muassa arkkitehti, geo-, rakenne-, sähkö-, lvi-, automaatio-, palo-, sprinkleri-, sisustus- ja akustiikkasuunnittelija. Projektiin osallistuvat myös projektipäälliköt, rakennuttajat, hankevastavat, urakoitsijat, valvojat, konsultit sekä tilaajan ja asiakkaan edustajat. Urakoinnin edustajat projektissa ovat pää- ja aliorakoitsijat. Urakointiin kuuluu yleensä rakennus-, maarakennus-, talotekniset urakat sekä palo- ja sprinkleriurakat. (6, s. 1–5.)

Elvak Oy:ssä on käytössä suunnittelualuekohtaiset tiimit, jotka on perustettu vuonna 2015. Tiimien koot vaihtelevat parista henkilöstä kymmeneen. Jokaisessa suunnittelualuekohtaisessa tiimissä on

oma tiiminvetäjänä, joka toimii heidän esihenkilönään. Suunnittelualan tiiminvetäjä on vastuussa ryhmäänsä kohdistuvasta yrityksen liiketoiminnasta, operatiivisesta toiminnasta, esihenkilötyöstä, osaamisen kehittämisestä, palkkauksesta ja suunnittelutarjouksien laatimisesta. Kaikkia tiimejä tukevat hallinnon tukitoiminnot, jotka koostuvat yrityksen myynti- ja toimitusjohtajasta sekä toimistosihteeristä, ja heille asetuista vastuualueista. (2.)

Elvak Oy:n talotekniset suunnitteluprojektit vaihtelevat pienistä hankkeista suuriin rakennushankkeisiin. Hankkeiden kestot vaihtelevat tyypillisesti viikosta useampaan kuukauteen. Suunnittelutiimit sitovat projektiin kiinni yleensä yhdestä kahteen henkilöä. Normaalia suurempien hankkeiden kimpussa voi olla yhdestä kolmeen henkilöä. Projektit voidaan jakaa joko ulkoihin tai sisäisiin työprojekteihin. Pääsääntöisesti projektit ovat toimitusprojekteja, joita toteutetaan yrityksen ulkopuolisille asiakkaille. Yrityksellä on käynnissä tuotekehitysprojekteja, joita toteutetaan yrityksen ulkopuolisille asiakkaille tai yrityksen sisäiseen käyttöön. Elvak Oy:ssä tehdään myös sisäisiä taloteknisiä kehitysprojekteja. (2.)

Sisäisten kehitysprojektien tavoitteena on kehittää yrityksen sisäistä tai ulkoista toimintaa. Ne käynnistyvät yleensä johtoryhmän päätöksestä tai kehitysideasta. Tyypillisiä sisäisiä kehitysprojekteja ovat esimerkiksi johtamisjärjestelmien kehittäminen, kehitys- ja tutkimustoiminnot, sisäisen toiminnan ja henkilöstön kehittäminen sekä kouluttautumiset. Sisäinen kehitysprojekti voidaan toteuttaa joko omavaraisesti organisaation sisällä tai hyödyntämällä ulkopuolista konsultointia. Kehitysprojektien haasteena on yleensä se, että yrityksen työntekijät ovat samanaikaisesti sidottuina projektihaasteisiin suunnittelutöihin, kun kehitystyötä toteutetaan. Tämä voi negatiivisessa mielessä aiheuttaa projekti- ja aikataulun venymistä. Positiivisena vaikutuksena nähdään sisäinen kommunikointi, sillä se on helpompaa ja toimintaympäristö tunnetaan hyvin. Kehitysprojekti viedään yleensä ulkopuolisen tahon puolesta nopeammin valmiiksi, sillä palveluista maksetaan ja projektiin sidotaan henkilöstöä täysipäiväisesti kiinni. (7, s. 17–19; 8, s. 14–15.)

Elvak Oy:ssä kehitetään jatkuvasti sisäisiä prosesseja. Niillä pyritään tuottamaan palveluita ja ratkaisuja, jotka vastaavat asiakkaiden toiveita ja auttavat kehittämään nykyisiä taloteknillisiä ratkaisuja uusiksi innovatiivisiksi kokonaisuuksiksi eri suunnitteluhankkeissa. Organisaatiossa luoduilla aputyökaluilla parannetaan yrityksen sisäistä toimintaa. Työkalujen avulla yrityksen sisäisen toiminnan ja työympäristön hallitseminen on helpompaa. Toimenpiteillä kasvatetaan myös yrityksen kannattavuutta. (2.)

Yritys hyödyntää toiminnassaan sisäistä raportointia. Sen avulla voidaan havaita esimerkiksi projektijohtamiseen liittyviä ongelmakohtia tai kehittää pienempien prosessien osa-alueita toimimaan tehokkaammin. Raportointityökalujen luomiseen kuluu aina merkittävästi aikaa, mutta niiden onnistuessa luodaan yritykseen uusia lisäarvoa tuottavia strategisia toimintatapoja. Tämä mahdollistaa kilpailumarkkinoilla pärjäämisen. Yrityksen jatkuva kehittyminen ja markkinoiden muuttumiseen sekä trendeihin reagoimiset voidaan laskea voittaviksi toimenpiteiksi. (2.)

### 2.3 Työn tavoitteet

Kehittämisen kohteeksi ja tämän opinnäytetyön aiheeksi valikoitui tehostaa Elvak Oy:n talotekniikan suunnitteluprosessia. Työssä huomioidaan trendeiksi nousseiden ympäristöluokitusten vaikutuksia talotekniikan organisaation suunnittelutoimintaan ja projektijohtamiseen. Tavoitteeksi asetettiin luoda viidelle erilaiselle ympäristösertifikaatille talotekniikan suunnitteluohjeet ja niiden käyttöä tukevat aputyökalut. Työhön valittiin tarkasteltavaksi tällä hetkellä yleisimmin rakennushankkeissa esiintyvät ympäristöluokitukset. Tämän opinnäytetyön raportti on luotu tukemaan suunnitteluohjeiden asiasisältöä.

Suunnitteluprosessin alkupään tehtävillä on merkittävä rooli koko projektin onnistumisen kannalta. Projektiluontaisesti toimivassa organisaatiossa yksi tärkeimmistä tavoitteista on, että talotekninen suunnittelu on mahdollisimman yhtenäistä ja laadukasta suunnittelijasta riippumatta. Tavoitteena on saada kaikki projektit vietyä läpi tavoiteaikataulussa ja kannattavasti. Lähtötilanteessa yrityksen henkilöstöllä oli vain vähän tietoa ympäristösertifikaattien vaikutuksista talotekniikkasuunnittelun projektihankkeisiin. Puutteellinen tietoisuus aiheuttaa organisaatiossa projektikohtaisten suunnittelukustannusten nousua, jos niihin ei pystytä reagoimaan riittävän ajoissa. Tämä lisää kohdesuunnittelijoiden ja projektipäälliköiden työkuormaa. Se myös vähentää heidän työhyvinvointiaan ja suunnittelumotivaatiota. Ympäristöluokitusten vaativuudesta johtuen suunnitteluajataulut voivat venyä, mikä viivästyttää tulevia suunnitteluhankkeita. Tilanne vaikuttaa negatiivisella tavalla talotekniikan tiimien toimintaan ja heikentää yrityksen tulosta.

Tehtävänantoa lähdetään saavuttamaan perehtymällä eri sertifikaattien taloteknisen suunnittelun vaikutuksiin. Työssä tutustutaan uusimpiin ympäristöluokitusten kirjallisuuden julkaisuihin ja kerätään niistä tarkasteltavaksi kaikki talotekniikkaan kohdistuvat toimenpiteet. Kerättävillä tiedoilla pyritään määrittämään, mitkä suunnittelutoimenpiteet voidaan toteuttaa normaalin suunnitteluajan



puitteissa, ja mitkä ympäristöluokitusten toteutusperiaatteet lisäävät kohteeseen käytettävää suunnittelu-aikaa. Kerätyistä tiedoista koostetaan yritykselle luotavat talotekniikan suunnitteluohjeet.

Ohjeistuksilla helpotetaan ympäristösertifikaattihankkeiden projektikohtaista johtamista sekä suunnittelua. Ohjeiden avulla pystytään ennakoimaan talotekniikan suunnitteluun vaikuttavia toimenpiteitä jo ennen varsinaisen luonnossuunnittelun aloittamista. Tämä vähentää henkilöstön työkuorman määrää ja pitää hyvinvoinnin korkeammalla tasolla suunnitteluvaiheiden edetessä. Toimenpiteellä halutaan myös reagoida muuttuviin markkinoihin, jotta pieni tai keskikokoinen yritys voi kilpailla suurempia alan toimijoita vastaan riittävän kattavalla talotekniikan ympäristötietoisuudella. Tulevaisuudessa projektien johtaminen ja sertifikaattiohjeiden ylläpitäminen on entistä helpommin toteutettavissa niille rakennetun pohjatyon myötä.

Työhön kuuluu suunnitteluohjeiden käyttöönoton toteuttaminen yrityksen sisäisillä koulutusmenetelmillä. Ohjeiden käyttöönotossa hyödynnetään yritykselle aikaisemmin valmistunutta ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyötä, jossa luotiin yritykselle talotekniikan prosessikaavio, työkuormanhallintamenetelmät ja johtamistoimenpiteet. Ympäristöluokitusten projektikohtaista suunnitteluohjausta kehitetään prosessikaavion avulla kevyemmäksi työvaiheeksi. Organisaatiossa työskentelee oman alansa asiantuntijoita, joten yritys kannustaa suunnitteluprojektien oma-toimiseen itseohjautuvuuteen. Työn tarkoituksena ei ole poistaa projektipäälliköiden työkuva tai talotekniikkasuunnittelussa tarvittavaa ohjausta, vaan keventää projektin työvaiheita. Näin ollen työkuormaa voidaan vähentää esihenkilöiltä sekä projektien vetäjiltä.

## **2.4 Työn rajaukset**

Työn tutkimusmenetelmä perustuu kirjallisuuteen. Työssä kehitetään projektin sujuvampaa, laadukkaampaa ja yhdenmukaisempaa läpimenoa varten sertifikaatteihin liittyvät työkalut ja suunnitteluohjeet kirjallisuuden pohjalta. Ohjeiden ja työkalujen luonnissa hyödynnetään myös yrityksen sisäisiä ympäristöluokitusten dokumentteja. Työn rajauksien avulla keskitytään paremmin yrityksen toimintaan vaikuttaviin kohtiin, ja käytetään organisaation työkaluja mahdollisimman tehokkaasti jalkauttamistoimenpiteissä. Laadukkaasti toteutetulla kirjallisella tutkimuksella autetaan toimemksiantajaa kohdistamaan resurssinsa oikeisiin toimenpiteisiin, jotta asiantuntijoiden osallistuminen ja aktivoituminen saadaan onnistumaan paremmin.

Opinnäytetyön laajuutta on rajattu koskemaan vain ympäristösertifikaattien taloteknisiä toimenpiteitä. Työn ulkopuolelle jätetään muihin suunnittelualueisiin, kuten rakenne- ja arkkitehtuuriin toimenpiteisiin liittyvät määritelmät ja sellaiset talotekniset toimenpiteet, jotka ovat vahvasti sidottuina toisten suunnittelualueiden toimenpiteisiin. Työssä ei myöskään perehdytä jokaiseen mainittuun standardiin. Työssä kuitenkin mainitaan tai viitataan kaikkiin sertifikaateissa mainittuihin standardeihin. Toimeksiantaja voi erikseen hankkia kaikki tarvitsemansa standardit käyttöönsä ja perehtyä oma-toimisesti niiden tarkkaan sisältöön.

Suunnitteluohjeiden käyttöönoton toimenpiteitä on rajattu tässä työssä toimeksiantajan pyynnöstä. Työssä hyödynnetään yritykselle aikaisemmin luotua talotekniikan prosessikaaviota, johtamismenetelmiä sekä työkuormanhallintaan liittyvää ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä. Työssä ei paneuduta syvällisesti kyseisiin toimenpiteisiin, vaan niistä käydään läpi vain tärkeimmät toimenpiteet. Suunnitteluprosessin tarkastelu ei siis kuulu tämän työn laajuuteen. Tämän työn liitteet sisältävät salassa pidettäviä tietoja, jotka on rajattu pois tästä julkisesta versiosta toimeksiantajan pyynnöstä.

### 3 YMPÄRISTÖLUOKITUKSET

Nykypäivän ja tulevaisuuden rakentaminen suuntautuu yhä enemmän kohti vihreämpää rakentamista (9). Termillä tarkoitetaan erilaisia vähäpäästöisiä rakennushankkeita, joita toteutetaan kestävästä, terveellisistä, energiatehokkaista ja ympäristöystävällisistä materiaaleista. Uusiutuvan energian ja kiertotalouden hyödyntäminen kuuluvat olennaisena osana vihreään rakentamiseen. (10.) Kiinteistö- ja rakennusalan nähdään Suomessa olevan merkittävässä roolissa, kun halutaan saavuttaa ilmastopöytäkirjojen, Euroopan unionin sekä Suomen ilmastopolitiikan asettamia ympäristötavoitteita ja hillitä maapallolla tapahtuvaa ilmastomuutosta. Kasvihuonekaasuja syntyy Suomen kiinteistöissä arviolta noin 33 %, ja vastaavasti ne kuluttavat noin 40 % käytettävästä kokonaisenergiasta. (11.)

Suomen hallituksen asettamana tavoitteena on tällä hetkellä saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä, ja tämän jälkeen tarkoituksena on pyrkiä hiilinegatiiviseen päästökokonaisuuteen. Hiilineutraali kokonaistilanne saavutetaan edistämällä kaikkia yhteiskunnan tämänhetkisiä osa-alueita vähempipäästöisiksi kokonaisuuksiksi. Kyseisen edellytyksen saavuttamiseksi Suomessa tarvitsee kehittää, tutkia ja innovoida kierto- ja biotaloutta. Lisäksi tulee toteuttaa hiilipäästöttömiä ja energiatehokkaita teknologiaratkaisuja, joissa huomioidaan muun muassa energian varastointia. (12, s. 1; 13, s. 34, 42–43, 135.)

Rakennuksille on haettavissa erilaisia ympäristösertifiointeja, joiden perusteella voidaan tarkastella kiinteistöjen ympäristötehokkuutta. Rakennuksen sertifiointi antaa keinot arvioida, vertailla, mitata sekä todentaa kiinteistön ekologisuuden osuutta. Haettavalla ympäristösertifioinnilla voidaan vaikuttaa muun muassa kiinteistön energiatehokkuuteen, ihmisten viihtyvyyteen ja sisäilman laatuun. (11.)

Jokaisella sertifiointijärjestelmällä on omat vaatimuksensa, joihin rakennettavan kiinteistön rakenteelliset ja taloteknilliset ratkaisut pohjautuvat hanke-, suunnittelu-, toteutus- ja luovutusvaiheissa sekä ylläpidossa. Hyväksytyt arvosanat saavutetaan täyttämällä kaikki pakolliset vaatimukset ja saavuttamalla sertifikaatin vähimmäispistemäärä. Kohteelle saavutettu kokonaispistemäärä määrittelee hankkeen sertifikaatin luokitustason. Jokaiselle luokitustasolle on määritetty omat pisterajansa, jotka perustuvat kansallisiin tai kansainvälisiin säädöksiin. Näillä perusteilla voidaan eri sertifiointijärjestelmillä ja niiden sisältämällä arvosanoilla varmistaa rakennushankkeiden kestävä

kehitystä ja parantaa kiinteistöjen ekologisuutta. Tämä mahdollistaa kiinteistöjen tehokkaan vertailun keskenään. Se myös havainnollistaa asiakasta tai sijoittajaa hänelle sopivan kiinteistön valinnassa maasta ja kohteesta riippumatta. (14; 15, s. 19–21; 16, s. 3; 17.)

Kiinteistön ympäristösertifikaatti todennetaan yleensä ulkopuolisen konsultin arvioinnilla, joka on pätevytynyt ympäristöluokituksiin. Tällä tavalla varmistetaan kiinteistön asianmukainen suunnittelu, rakentaminen ja toimivuus myös kohteen valmistumisen jälkeen eli toisin sanoen koko sen elinkaaren ajan. Rakennukselle hankittu sertifikaatti kertoo kotimaisille ja kansainvälisille sijoittajille ympäristömyönteisyydestä, -vastuullisuudesta ja riskien hallinnasta mahdollisen kiinteistökaupan yhteydessä. (11; 15, s. 19.)

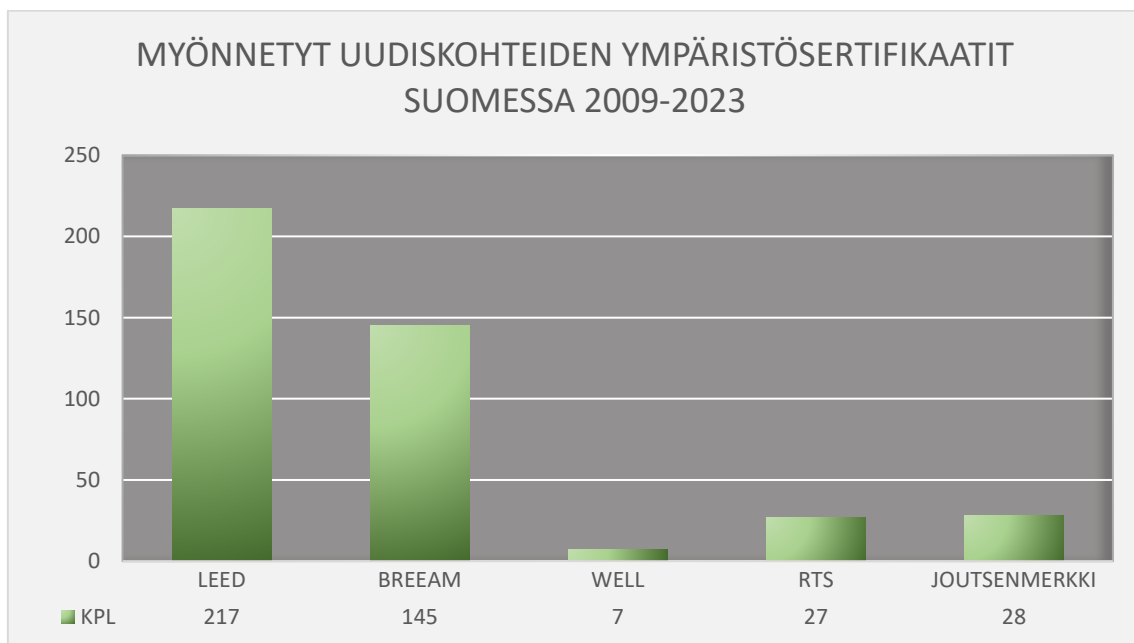
Ympäristöystävällisyys näkyy julkisella ja yksityisellä rakentamisen sektorilla jatkuvasti kasvavana trendinä. Tilaajat hakevat kohteiltaan entistä vähäpäästöisempiä ja ympäristöystävällisempiä ratkaisuja sekä tavoittelevat kustannustehokkaasti rakennuksen hiilineutraalisuutta. Ympäristöluokituksilla pyritään luomaan kilpailua alan toimijoiden välille ja takaamaan vihreän rakentamisen kehittämistä rakennusalalla. Tämän seurauksena kilpailevien yritysten täytyy tarvittaessa muokata sekä kehittää omaa liiketoimintastrategiaansa ja johtamistaan. Tällöin huomioon nousee muun muassa ympäristötehokkuus, kiinteistömarkkinoiden muokkaaminen ja ympäristöjohtaminen. Näiden pohjalta voidaan kehittää yrityksen kilpailukykyä ja tuoda tilaajille sekä kuluttajille tietoa ympäristöystävällisemmän rakentamisen hyödyistä. (18, s. 4–5, 11, 15.)

Ympäristöluokituksen hankinta lisää rakennushankkeen kokonaiskustannuksia. Lisäkustannuksia kertyy muun muassa rekisteröinti-, sertifiointimaksuista ja lisädokumentoinneista. Se voi aiheuttaa myös lisäurakkalaskelmia. Kustannuksien nousut näkyvät pääsääntöisesti hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Ympäristöarviointien täydentäminen ja toteuttaminen vasta toteutusvaiheessa lisää merkittävästi suunnittelun ja rakentamisen kustannuksia sekä viivästyttää hankkeen valmistumista. Kokonaiskustannuksia voidaan kuitenkin vähentää suunnitteluvaiheessa, jos sertifikaatissa asetetut tavoitteet ja arviointikriteerit pystytään huomioimaan jo hankevaiheessa. Lisäksi on tärkeää seurata ja tarkastaa vaadittujen tavoitteiden täyttymiset suunnittelun edetessä. Tässä vaiheessa on jo suotavaa kerätä riittävästi dokumentteja toteutettavista ratkaisuperiaatteista. (19, s. 3; 20, s. 52–56; 21.)

Materiaali- ja komponenttivalmistajien ympäristötietoisuuden kasvaminen on vähentänyt kulurakennetta vihreän ja tavallisen rakentamisen väliltä. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, ettei

vihreä rakentaminen ole kustannusmielessä kalliimpaa kuin tavallinen rakentaminen. Rakentamista määräävien lainsäädäntöjen kiristyminen sekä materiaali- ja komponenttivalmistajien ympäristötietoisuuden kasvaminen on vähentänyt kulurakennetta vihreän ja tavallisen rakentamisen välillä. Toteutuskustannuksia voidaan vähentää omaksumalla ympäristötavoitteiden vaatimukset jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Tutkimusten perusteella todetaan, että vihreä rakentaminen vähentää kiinteistön käytönaikaisia kustannuksia noin 8–9 %, ja kiinteistön rahallinen arvo kohoaa noin 7,5 % sen elinkaaren aikana. Kiinteistön pääoma voi kohota noin 6,6 % alkuperäisestä arvostaan. Ympäristöluokitus luo mahdollisuuden korottaa vuokratuloja noin kolme prosenttia kiinteistön energiaystävällisyyden johdosta. (19, s. 3; 20, s. 52–56; 21.)

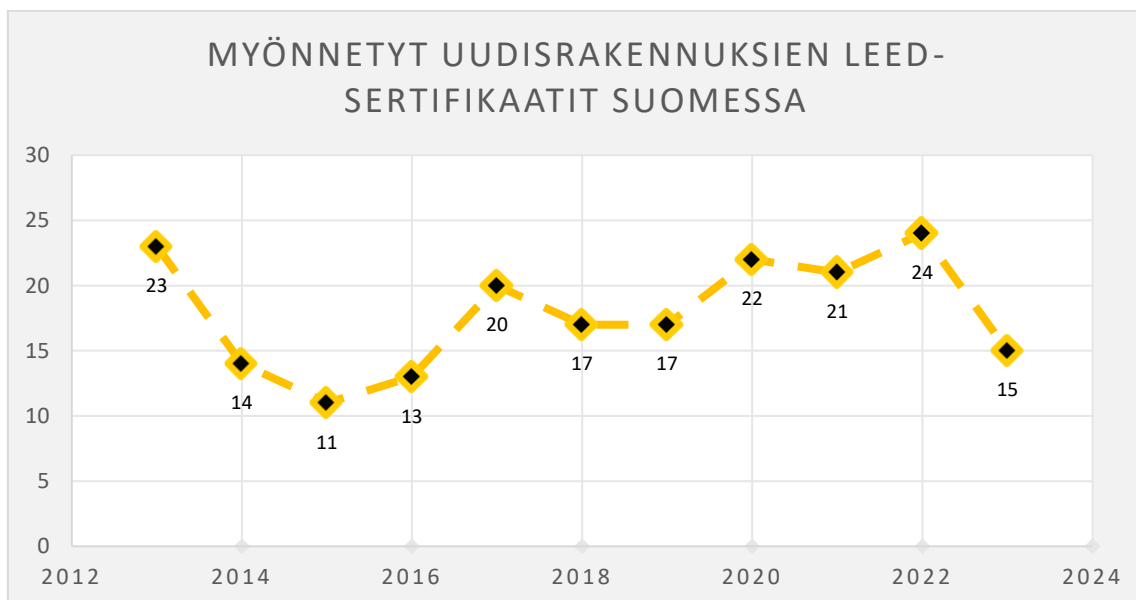
Suomessa yleisimmin käytettävät ympäristöluokitukset ovat LEED-, BREEAM-, WELL-ympäristösertifikaatti, RTS-ympäristöluokitus ja Pohjoismaiden Joutsenmerkki. Kuvassa 2 esitetään Suomessa rakennettujen uudisrakennusten ympäristöluokitusten määrät vuodesta 2009 lähtien. (22; 23; 24; 25; 26.) Kuvasta voidaan huomata, että ulkomaalaistaustaiset LEED- ja BREEAM-sertifikaatit ovat tällä hetkellä Suomen suosituimmat ympäristöluokitukset. LEED-ympäristöluokituksen vuosikohtainen kasvu viimeisen neljän vuoden aikana on ollut keskimäärin yli 20 hanketta vuodessa (27).



*KUVA 2. Suomessa myönnetyt uudiskohteiden ympäristöluokitukset vuosina 2009–2023 (22; 23; 24; 25; 26.)*

Suomessa on haettu enemmän rakennusten ympäristösertifiointeja olemassa oleviin rakennuksiin kuin uudisrakennuksiin. Tämänhetkiset tilastot osoittavat, että LEED-ympäristöluokituksella varustettuja kiinteistöjä on Suomessa yhteensä 495 kappaletta. BREEAM-ympäristöluokittuja kiinteistöjä on vastaavasti jo 1007 kappaletta. Lukuarvojen perusteella voidaan todeta, että BREEAM on kaikista suosituin ympäristöluokitus Suomessa. Etenkin BREEAM In-Use-ympäristöluokitusta on haettu monille eri kiinteistöille. (22; 23.) WELL-sertifikaattihankkeita on Suomessa tällä hetkellä käsitelyssä lähemmäs 50 kappaletta ja RTS-ympäristöluokitushankkeita on käynnissä jo lähes 300 kappaletta (24; 25; 27). Joutsenmerkillä varustettujen kiinteistöjen määrä on myös kasvussa, sillä niitä on tällä hetkellä keskeneräisenä 16 kappaletta (26; 27).

Ympäristösertifikaatilla varustettujen kiinteistöjen määrät tulevat näillä näkymin vain kasvamaan tulevina vuosina. Tähän vaikuttavat muun muassa hiilineutraalisuustavoitteiden kiristymiset ja hyväksytyt lainahakemuksen helpompi saavutettavuus. (27.) Kuvasta 3 voidaan huomata, että uudisrakennuskohteisiin myönnettyjen LEED-ympäristöluokituksien määrät ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana pysyneet vuodesta toiseen samalla tasolla ja kasvaneet vähäisessä määrin. Tällä hetkellä ei ole tiedossa, kuinka monta keskeneräistä projektia tulee vielä valmistumaan vuodelle 2023. Tämä voi kasvattaa määrää vielä kolmen edeltävän vuoden tasolle.



KUVA 3. Suomessa myönnettyt uudiskohteiden LEED-ympäristöluokitukset vuosina 2013–2023 (22.)

Seuraavaksi opinnäytetyössä tarkastellaan ympäristöluokituksien taloteknisiä vaatimuksia. Jokainen sertifikaatti käydään tässä työssä erikseen läpi.

### 3.1 LEED-ympäristösertifiointi

Leadership in Energy and Environmental Design eli lyhennettynä LEED, on vuonna 1998 Yhdysvalloissa kehitetty rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä USGBC:n (U.S. Green Building Council) toimesta. Tämän sertifiointin erilaiset vaatimukset perustuvat vahvasti yhdysvaltalaisiin rakentamismääräyksiin ja standardeihin. Sertifikaatista on kuitenkin haluttu tehdä maailmanlaajuinen ilmiö, joten kyseisiä määräyksiä ja standardeja on sovellettu muun muassa eurooppalaisiin ja suomalaisiin käytäntöihin sopiviksi. Näitä soveltavia käytäntöjä kutsutaan myös ACP-vaihtoehtoiksi (Alternative Compliance Path). (28; 29.) LEED-ympäristösertifikaatin saavuttaneita rakennuksia oli vuonna 2020 yli 48 600 kappaletta, ja nykyään sitä käytetään jo 178 eri maassa (30).

Sertifikaatin myöntäminen ja rakennushankkeen kriteerien hyväksyttäminen tapahtuu GBCI:n (Green Building Certification Inc.) kautta, joka toimii USGBC:n alaisena. Kyseessä on siis kolmannen osapuolen laatima sertifikaatti, jonka pohjalta sijoittajat, viranomaiset sekä rakennuksen käyttäjät voivat vertailla ympäristöluokiteltuja kiinteistöjä keskenään yhteneväisten menettelytapojen pohjalta. Suomeen on perustettu ympäristösertifikaatteja koskeva yhdistys nimeltä FIGBC (Green Building Council Finland), joka ohjaa sekä neuvoo LEED-sertifikaattiin liittyvissä toimenpiteissä. Kyseinen yhdistys toimii neuvonantajana ja välikätenä suoraan USGBC:lle. Yhdistys on perustettu vuonna 2010. (16, s. 7; 31.)

LEED-ympäristöluokituksesta on laadittu useita eri luokitusjärjestelmiä. Niistä tulee valita sopivin vaihtoehto perustettavalle rakennushankkeelle. Luokitukset sisältävät erilaisia rakennustyyppejä, jotka auttavat oikean järjestelmän valinnassa. Hankkeeseen ryhtyvän tulee aina tarkastaa mihin kategoriaan sertifikaattia hakeva kiinteistön kuuluu. Esimerkiksi terveydenhuollon rakennuksissa edellytetään erilaisia toimenpiteitä kuin asuinkerrostaloissa tai kouluissa. Rakennushankkeelle valitun luokitusjärjestelmän jälkeen hankkeeseen ryhtyvä voi tutustua tarkemmin ajantasaisimman sertifikaatin vaatimuksiin ympäristökonsultin avustuksella. (32.) Taulukossa 1 esitetään LEED-sertifikaatin luokitusjärjestelmät, ja niiden sisältämät rakennustyyppit uudisrakennuksiin ja olemassa oleviin kiinteistöihin.

## TAULUKKO 1. LEED-luokitusjärjestelmät ja rakennustyypit (32)

### Building Design and Construction (Rakennesuunnittelu ja rakentaminen)

- New Construction and Major Renovation (Uudisrakentaminen ja peruskorjaus)
- Core and Shell Development (Rakenteet ja ulkovaippa)
- Schools (Koulut)
- Retail (Vähittäiskaupat)
- Data Centers (Palvelinkeskukset)
- Warehouses and Distribution Centers (Varastot ja jakelukeskukset)
- Hospitality (Palvelualueiden rakennukset)
- Healthcare (Terveydenhuolto)

### Interior Design and Construction (Sisustussuunnittelu ja rakentaminen)

- Commercial Interiors (Kaupalliset sisätilat)
- Retail (Vähittäiskaupat)
- Hospitality (Palvelualueiden rakennukset)

### Operations and Maintenance (Käyttö ja huolto)

- Existing Buildings (Olemassa olevat rakennukset)
- Existing Interiors (Olemassa olevat rakenteet)

### Residential (Asuinrakentaminen)

- Single Family Homes (Omakotitalot)
- Multifamily Homes (Asuinkerrostalot, rivitalot ym.)
- Multifamily Homes Core and Shell (Asuinrakennuksien rakenteet ja ulkovaipat)

### Cities and Communities (Kaupungit ja yhteisöt)

- Plan and Design (Suunnitelma ja muotoilu)
- Existing (Olemassa oleva)

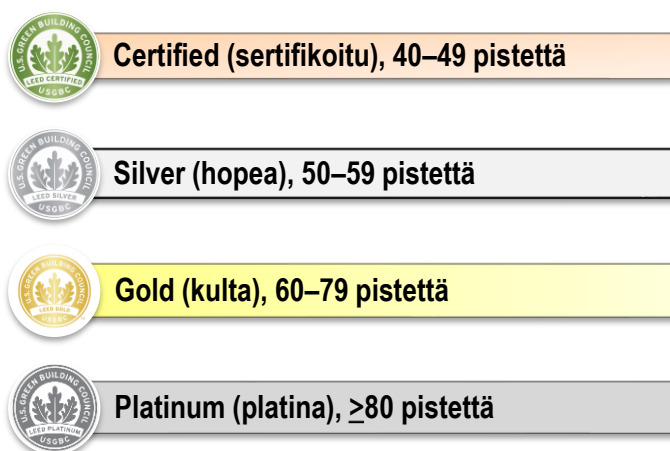
Tähän opinnäytetyöhön on valittu tarkasteltavaksi LEED v.4.1 Building Design and Construction. Se on valmistunut vuonna 2021. Sertifikaattiin kirjattuja arviointiperusteita on kyseisessä versiossa yhteensä yhdeksän kappaletta, joista jokaiseen osa-alueeseen kuuluu pakollisia ja valinnaisia vaatimuksia. Valinnaisista vaatimuksista tulee valita vain ne, jotka halutaan sisällyttää hankkeeseen. Valinnaisten vaatimusten toteuttamisesta ansaitaan rakennushankkeelle pisteitä, jotka määrittävät LEED-sertifikaatista saavutettavan arvosanan. Sertifikaatin maksimipistemäärä on 110 pistettä. Hyväksytty suoritus myönnetään täyttämällä kaikki sertifikaatin pakolliset vaatimukset ja keräämällä valinnaisista toteutuksista vähintään 40 pistettä. Hankkeeseen ryhtyvän tulee jo hyvissä ajoin määrittää tavoiteltava arvosanalokka, jotta kiinteistölle voidaan varmistaa riittävästi pisteitä sujuvalla kohdesuunnittelulla. (33, s. 5–11.) LEED-ympäristöluokituksen arviointiryhmät esitetään taulukossa 2.



TAULUKKO 2. LEED-sertifikaatin arviointikategoriat ryhmittäin (33, s. 7–8)



Sertifikaatti voidaan myöntää valmistuneelle kohteelle vasta kun kolmas osapuoli eli GBCI on varmistanut, että kaikki pakolliset vaatimukset ja vähimmäispistemäärä haettuun arvosanalukitukseen on toteutunut. Pisteitä voidaan saavuttaa hankkeen suunnittelun, rakentamisen ja käytönajan toimenpiteistä. Vaatimuksia huomioimalla taataan kiinteistön ympäristöystävällinen, terveellinen ja taloudellinen toimivuus sen koko elinkaaren ajaksi. (33, s. 5–11.) Luokituksessa on käytössä neljä eri arvosanaa, jotka esitetään pisteytyksineen kuvassa 4.



KUVA 4. LEED-sertifikaatin arvosanat ja pistevaatimukset (34)

Seuraavaksi tässä työssä tarkastellaan talotekniikkaan kohdistuvia vaatimuksia. Talotekniikan suurimmat huomiot keskittyvät integroivaan prosessiin, sijaintiin ja kulkuyhteyksiin, maankäyttöön, tehokkaaseen vedenkäyttöön, talotekniikan toiminnanvarmistuksiin, energiankäyttöön ja päästöihin, sisäilmaston laatuun sekä innovaatioihin.

### 3.1.1 Integroiva prosessi

Rakennushankkeelle tulee asettaa suunnittelua ja toteutusta koskevia tavoitteita. Kyseiset tavoitteet tulee määrittää jo hankesuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa pohdittuja ja määritettyjä ratkaisuja sekä toteutusperiaatteita tulee viedä eteenpäin suunnitteluvaiheiden edetessä. Ratkaisulla pyritään saavuttamaan yhteneväisempiä rakentamisen toteuttamistapoja eri suunnittelualojen välille. Vaatimuksena on toteuttaa kohteeseen vähintään kaksi tarkastelutoimenpidettä. Tarkastelussa vaaditaan analysoitavaksi joko energiatehokkuutta, vesijärjestelmiä, terveyttä sekä hyvinvointia, rakennuspaikan valintaa tai tasa-arvoisuutta. (33, s. 14.) Talotekniikassa suurin pääpaino kohdistuu energiatehokkuuteen ja vesijärjestelmiin, joiden vaatimuksia käydään seuraavaksi läpi.

Hankevaiheessa projektille tulee asettaa energiatehokkuuden tavoitetaso ja se tulee lukita jo ennen luonnossuunnittelun aloittamista. Sertifikaatti vaatii tavoitetason määrittämiseen rakennuksen arvioidun energiankulutuksen määrän, joka syntyy yhtä neliometriä kohden vuoden aikana. Energiankulutuksen määrittämistapana käytetään joko tontin energian kulutusta kilowattitunteina (kWh), kasvihuonepäästöjen määrää kilogrammoina (kg), erillisen energialähteen käytön kulutusta kilowattitunteina (kWh) tai arvioimalla vuoden kokonaisenergiakustannuksia. (33, s. 14–17.)

Energiatehokkuuden määrittämiseksi tulee laatia yksinkertainen energiamallinnusanalyysi ennen luonnossuunnittelun aloittamista. Analyysissä tulee selvittää, kuinka rakennuksen energiankulutusta on mahdollista vähentää. Analyysissä tulee myös pohtia, voidaanko rakennukselle saavuttaa parempi kestävyys kyseenalaistamalla hankesuunnitteluvaiheessa määritettyjä lähtötietoja. Energiankulutuksen analyysin tulee sisältää seuraavat arvioinnit ja niiden sisällöt:

- rakennuspaikan olosuhteiden arviointi, johon kuuluvat varjostuksien, ulkovalaistuksen, tontin maasto- ja maastotutkimuksien sekä viereisen tontin tai alueen olosuhteiden vaikutukset
- rakennusmassan suuruus ja sen suuntaamisen arviointi, johon kuuluvat vaikutukset energiankulutukseen, valaistuksen ja talotekniikan mitoituksiin sekä uusiutuvan energian käyttömahdollisuudet
- rakennusvaipan perusominaisuuksien arviointi, johon kuuluvat lämmönläpäisykertoimien arvot, ikkunoiden koot ja ominaisuudet sekä varjostuksien vaikutukset
- valaistuksen arviointi, johon kuuluvat sisäpintojen heijastuvuuden ja sisätilojen valaistus-  
tasojen arvot

- lämpöihtiyyysalueiden arviointi
- pistoke- ja prosessikuormitustarpeiden arviointi, johon kuuluu kuormitusten ohjelmalliset ratkaisut
- ohjelmallisten ja toiminnallisten parametrien arviointi, johon kuuluu monitoimitilojen toiminta-ajat, tilankäytöt henkilöä kohden, etätyön vaikutukset; rakennusneliöiden ja tilojen käytön vähentämisen arviot, kiinteistön toiminnan arviot ja ylläpidon ennakoimisen periaatteet. (33, s. 14–17.)

Vedenkäyttöön liittyviin järjestelmiin tulee toteuttaa alustava vesianalyysi ennen luonnossuunnittelun aloittamista. Pyrkimyksenä on selvittää, voidaanko juomaveden ja kunnallisten vesijärjestelmien kuormitusta vähentää tontilla. Lisäksi tulee pohtia, voiko tontilla sijaitsevia juomavedenlähteitä hyödyntää rakennuksen toiminnassa, ja voidaanko tontille järjestää omaa jätevedenpuhdistusjärjestelmää. Kyseisten järjestelmien tulee täyttää niihin liittyvien kestävän kehityksen kansalliset vaatimukset. Hyväksytty dokumentointi sisältää vähintään

- sisäpuolisen vedenkäytön arvioinnin, jossa
  - esitetään vesi- ja huuhteluvirtaamien kysynnän laskelmat
- ulkopuolisen vedenkäytön arvioinnin, jossa
  - esitetään kasteluveden tarpeellisuuden laskelmat
- prosessiveden käytön arvioinnin, jossa
  - huomioidaan ammattikeittiöt, pesulat, jäädytystornit, -yksiköt
  - huomioidaan muiden suurempien järjestelmien vesimäärien kysynät
- muiden hankintalähteiden arvioinnin, jossa
  - tarkastellaan hulevesi- ja harmaa-vesijärjestelmien käyttömahdollisuudet
  - tarkastellaan kunnan toimittaman muun kuin juomakelpoisen veden käyttömahdollisuudet
  - tarkastellaan lvi-laitteiden kondenssivesien hyötykäytöt. (33, s. 15–17.)

Hankkeen alussa on suotavaa järjestää rakennuttajan ja suunnittelijoiden välille talotekniikan aloituspalaveri, jossa käydään läpi suunnittelun pääperiaatteet. Aloituspalaverin jälkeen voidaan toteuttaa ensimmäiset laskennat ja energiamallinnukset projektille. Samalla pystytään arvioimaan, kuinka paljon erilaiset ratkaisut vaikuttavat talotekniikan mitoituksiin, energiankulutukseen ja sisäilman laatuun. Tämän pohjalta voidaan toteuttaa tarvittavia muutoksia aloituspalaverissa esitettyihin

kohtiin ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista. Kiinteistö on tällöin täyttänyt kategorian valinnaisen pistevaatimuksen. (35.)

### 3.1.2 Sijainti ja kulkuyhteydet

LEED-ympäristöluokitus pyrkii torjumaan liikenteen kasvihuonepäästöjä. Rakennuspaikan sopivalla valinnalla on mahdollista hillitä kasvihuonepäästöjen määrää. Päästöjä voidaan hillitä myös suosimalla energiatyöväisiä liikenneajoneuvoja, vähentämällä kiinteistöjen autopaikkojen määrää ja järjestämällä hyvät polkupyörien säilytystilat kiinteistön käyttäjille. Toimenpiteillä pyritään muokkaamaan kiinteistön asukkaiden tottumuksia energiatyöväisempään ja päästövapaampaan liikkumismuotoon. Osion talotekniset vaatimukset kohdistuvat polkupyörien pesupisteiden järjestämiseen ja sähköautojen latauspisteiden toteutukseen. (33, s. 18, 41, 49.)

Kiinteistölle tulee asentaa sähköautojen sähkönsyöttölaitteet, mikäli osiosta halutaan saavuttaa hyvityspiste. Ne tulee asentaa vähintään viidelle prosentille tontin parkkipaikkojen määrästä tai vähintään kahdelle parkkiruudulle, riippuen siitä kumpi määritelmä osoittautuu suuremmaksi ja tällöin määräävämmäksi tekijäksi. Latauspaikat tulee merkitä selkeästi ja ne tulee varata vain sähköautojen latauskäyttöön. Autojen sähkönsyöttölaitteilta vaaditaan vähintään toisen asteen latauskapasiteettia tai tätä suurempaa kapasiteettia jokaista määriteltyä latauspaikkaa kohden. Latauspaikkojen sähköliitännöiden tulee olla alueellisen ja paikallisen standardin määräysten mukainen. Se voi olla myös kansainvälisen sähkötekniikan toimikunnan IEC 62196 määräyksen mukaan toteutettu. Suomessa vaatimukset täyttyvät noudattamalla lainsäädännön 733/2020 asetusta sähköajoneuvojen latauspisteistä. (33, s. 49–51; 35.)

Kiinteistöön voidaan järjestää vaihtoehtoisesti sähkölatauspisteiden varauksia. Vähintään kymmenen prosenttia kiinteistön pysäköintipaikoista tulee toteuttaa sähkölataukseen soveltuviksi tai vähintään kuusi autopaikkaa tulee varustaa sähkölatauslaitteilla, riippuen siitä kumpi määritelmä osoittautuu suuremmaksi. Sähköautojen latausvalmius edellyttää riittäviä varauksia sähkökeskuksiin sekä valmiiden kaapeliteiden toteuttamista jokaiselle kyseiseen käyttöön varatulle pysäköintipaikalle. Latauspisteen kapasiteetin tulee olla jokaiselle latauspisteelle 230V/40A. Piireiltä vaaditaan vähintään toisen asteen kaapelijohdotuksia ja sen on päätyttävä sähkökoteloon, joka sijaitsee lähellä sähkölataukseen varattua parkkiruutua. (33, s. 49–51; 35.) Sähkösuunnittelijalla tulee esittää suunnitelmissaan sähkölatauspaikkojen sijainnit sekä laatia kohteeseen sopivat kaapelointi- ja

keskuskuvat. Kaapeliteiden ja sähköjärjestelmien mitoitus tiedot tulee dokumentoida riittävän kattavasti sertifikaatin tietokantaan, kuten myös latausasemien teknilliset tuotedokumentaatiot. (35).

Koulurakennuksiin on mahdollista laatia ja toteuttaa sähkökäyttöisen linja-auton hankintasuunnitelma. Hyvityspisteen saavuttaakseen tulee koulun käyttöön hankkia vähintään yksi täysisähköinen linja-auto. Muilta koulun linja-autoilta vaaditaan sertifikaatissa ilmoitettujen päästörajojen alituksia seuraavan seitsemän vuoden aikana. Tyypin oksidien päästövaatimus on enintään 0,50 grammaa jarrutustehoa kohden ja hiukkaspäästöissä sallitaan enintään 0,01 gramman päästöt ilmakehään. Päästöarvot tulee täytyä jokaisessa linja-autossa erikseen eli keskiarvolla tulosta ei hyväksytä. Koulurakennukseen tulee toteuttaa hankintasuunnitelma, jonka mukaisesti vähintään 50 % koulun käyttämistä ajoneuvoista muutetaan tulevaisuudessa sähköisiksi. (33, s. 49–51.)

### **3.1.3 Kestävä maankäyttö ja lähiympäristö**

LEED-sertifikaatti kiinnittää huomiota rakennuspaikan sijaintiin sekä maaperän laadunhallintaan. Osiossa pyritään suojelemaan rakennuspaikan luonnollista elinympäristöä, säilyttämään avoimia tiloja, käsittelemään sadevettä ja vähentämään lämpösaarekkeiden sekä valosaasteen syntymistä kiinteistöön. Tarkoituksena on minimoida rakennettavan kiinteistön vaikutuksia mahdollisimman tehokkaasti luonnolliseen ekosysteemiin ja lähellä sijaitseviin vesistöihin. Osion talotekniset vaatimukset kohdistuvat sadevesien keräys- ja uudelleenkäyttömahdollisuuksien tutkintaan, varjostukseen ja lämpösaarekkeisiin. (33, s. 5–6, 62–71.)

### **Hulevesisuunnittelu**

Tontin hulevesistä vaaditaan hallittavaksi 80–90 %, jotta osion hyvityspisteitä voidaan saavuttaa. Lvi-suunnittelijalla tulee laskea tontilla käytettävien hulevesijärjestelmien kapasiteetit ja laatia niistä suunnitelmat. Kaikki laskennat ja järjestelmän tekniset tiedot tulee myös esittää suunnitelmien yhteydessä. Laskennassa tulee huomioida sadetilanteet kymmenen vuoden ajalta. Hulevesien hallinnan keinoina voidaan hyödyntää muun muassa viherrakenteita, sadevesien keräämistä, imeyttämistä sekä viivyttämistä. Hulevesien laskennassa voidaan hyödyntää LEED-sertifikaatin Rainfall Events Calculator -työkalua. Laskuri määrittelee käytettävien hulevesiratkaisujen kapasiteettien perusteella osiosta saavutettavan pistemäärän. (33, s. 62–64; 35.)

Ympäristöluokitus mahdollistaa toisen laskentamenetelmän käytön kiinteistön hulevesien hallitsemiseksi. Tällöin tulee laskea alueen luonnollisen tilan hulevesikuorman määrä ja verrata sitä tontilla syntyviin hulevesikuormiin. Saatujen lukuarvojen erotus tulee hallita kiinteistön tontilla. Hulevesien hallinta voidaan toteuttaa esimerkiksi imeyttämällä tai viivyttämällä. Yleensä tontille määritetään huleveden viivytysjärjestelmä jo asemakaavassa. Suomessa on käytössä Hule-100 määritelmä, jonka mukaisesti jokaista sataa neliometriä (100 m<sup>2</sup>) vettä läpäisemätöntä pintaa kohden tulee viivyttää yksi kuutio (1 m<sup>3</sup>) hulevettä. Kiinteistölle voidaan järjestää huleveden keräys- ja uudelleenkäyttömahdollisuuksia, jos halutaan saavuttaa innovatiivinen hyvityspiste. (33, s. 62–64; 35.)

### **Lämpösaarekkeet**

Varjostuksia tulisi kiinteistössä hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti rakenteellisilla ja maisemallisilla ratkaisuilla. Niiden avulla voidaan vähentää rakennukseen syntyvien lämpösaarekkeiden määriä. Toimenpiteillä vähennetään taloteknisten erillisjärjestelmien tarvetta kiinteistöissä, joita tarvitaan lämpösaarekkeiden minimoimiseksi. Piha-alueiden kattaminen, varjostaminen, viherkattojen hyödyntäminen ja vaaleat pinnoitteet edesauttavat lämpösaarekkeiden minimoimista. Lämpösaarekkeiden hallitsemiseksi vesikatolle voidaan sijoittaa esimerkiksi aurinkopaneeleja. Sähkösuunnittelijalla tulee huomioida aurinkopaneelien kaapeloinnit suunnitelmiin. Taloteknisten jäähdytysjärjestelmien tarvetta voidaan minimoida jo hankesuunnitteluvaiheessa, jos suunnittelualat tekevät jo tässä vaiheessa riittävästi yhteistyötä keskenään. Tämä luo selkeämmän pohjan kiinteistön energialaskennan toteutukselle. (33, s. 65–67; 35.)

### **Valokajon vähentäminen**

LEED-sertifikaatissa pyritään vähentämään valosaasteen määrää luontoon. Vaatimuksena on rajoittaa ulkovalaistuksen valosaastetta ja valoisuuskulmia yötaivaalle. Ulkovalaistus tulee saada pääsääntöisesti suunnattua maanpintaa kohden, jotta taataan parempi näkyvyys yötaivaalle. Ulkoalueiden valaistustehoa tulee myös rajoittaa yöaikaan. Valomainosten ja -kylttien valaistusteho saa olla korkeintaan 200 cd/m<sup>2</sup>:lle (candela) yöllä ja 2000 cd/m<sup>2</sup>:lle päivällä. Valaistus tulee myös rajata tontilla siten, että 1,5 metrin päästä tontin rajasta valaisimen valaistusvoimakkuus on korkeintaan kaksi luksia (lx). Sähkösuunnittelijalla tulee laatia DIALux-laskelmat, jotka todentavat valaisuusarvojen täyttymiset kiinteistön alueella. (33, s. 68–71.)

### **3.1.4 Tehokas vedenkäyttö**

Ympäristöluokitus kiinnittää huomiota kiinteistön vedenkulutuksen ja -käytön vähentämisen toimenpiteisiin. Sertifikaatissa vaaditaan rakennuksen sisäisen, ulkoisen ja prosessikohtaisten vedenkulutuksien vähentämistä. Pyrkimyksenä on ohjata ihmisten vedenkäyttöä ja muokata nykyisiä vedenkulutustapoja ympäristöystävällisempään suuntaan. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat kuivuudet, populaation kasvu ja muut veteen liittyvät ongelmat pahentavat tulevaisuudessa juomakelpoisen veden saatavuutta maailmalla. LEED pyrkii tehostamaan vedenkäytön hallintaa kiinteistöissä, jotta edellä mainittujen ongelmien syntyvyyttä voidaan minimoida. (33, s. 80–100.)

Ensimmäinen iso askel tehokkaaseen vedenkäyttöön on ymmärtää, kuinka paljon vedenkulutuksella on vaikutusta kiinteistön energiankulutukseen. Optimoimalla kiinteistön veden- ja energiankulutusta voidaan saavuttaa ekologisesti kestävämpi toteutusperiaate. Vedenkäytön tehokas hallinta on jaettu neljään pääkohtaan, jotka ovat ulko- ja sisäalueiden vedenkulutuksen vähentäminen, prosessivesien hallinta sekä vedenkulutuksen mittaaminen. (33, s. 80–100; 35.)

#### **Ulkoalueiden vedenkäytön pienentäminen**

Vaatimuksena on osoittaa kiinteistölle rakennettavan erillisen kastelujärjestelmän tarpeettomuus. Mikäli tontilla sijaitsevan kasvillisuuden, puuston tai kasvihuoneen vuoksi tarvitaan erillistä kastelujärjestelmää, tulee järjestelmän vedenkäyttöä pienentää vähintään 30 % suurimmasta kuukausittaisesta vedenkulutuksesta. Yleensä suurin vedenkulutuksen piikki kohdistuu kesäajalle. Vaatimuksen täyttämiseksi tontin kasvillisuutta voi joutua joko muuttamaan tai sinne tulee järjestää vaihtoehtoisia kasteluvesilähteitä. Kastelujärjestelmän toteutuksesta tavoiteltavat hyvityspisteet voidaan saavuttaa, jos käyttöveden määrää kasteluvetenä voidaan vähentää 50–100 % verrattuna lähtötilanteeseen. Vedenkulutuksen laskennat toteutetaan WaterSensen Water Budget Tool -työkalulla. Lvi-suunnittelijalla tulee laatia laskentadokumentit kasteluveden rajoittamisesta. Rakennukseen asennettavia vesipostiventtiileitä ei lasketa kastelujärjestelmään kuuluviksi. (33, s. 80, 86–87; 35.)

#### **Sisätilojen vedenkäytön vähentäminen**

Vaatimuksena on vähentää kiinteistön saniteettikalusteiden vedenkäyttöä vähintään 20 % ympäristöluokituksessa mainituista vesivirtaamien perustasosta. LEED-sertifikaatin perustason

kalustevirtaamat esitetään taulukossa 3. Taulukkoon on kerätty Suomen lainsäädännössä asetetut vesikalusteiden virtaamien raja-arvot sekä hyvien rakentamistapojen mukaiset kalustevirtaamien minimiarvot. Sertifikaatissa asetetut virtaamarajoitukset koskevat wc-istuimia, urinaaleja, pesuallas- ja keittiöhanoja sekä suihkuja. Rakennuksessa olevat aputilahanat ja muut vähäisellä käytöllä olevat vesipisteet jätetään vaatimuksen ulkopuolelle, joten niiltä ei vaadita virtaamarajoituksia. (33, s. 81–84; 36.)

TAULUKKO 3. Vesivirtaamat LEED-sertifikaatissa ja Suomen lainsäädännössä (33, s. 81; 36)

LEED Saniteettikalusteet	Perustason virtaama-arvo (l/min) / l/huuhdeltu	Perustason virtaama-arvo (l/s)	Suomen lainsäädännön virtaama-arvo tai ohje (l/s)	Suomen lainsäädännön virtaama-arvo tai ohje (l/s)	Suomen lainsäädännön virtaama-arvon sallittu poikkeama (l/s)
WC-istuin	6,0	-	≥4,0*	0,10	0,07-1,5
Urinali	3,8	-	0,60	0,40	0,28-0,60
		-	0,30	0,20	0,14-0,30
Pesuallashana (julkinen)	1,9	0,03	0,30	0,10	0,07-0,20
Pesuallashana (yksityinen)	8,3	0,14	0,30	0,10	0,07-0,20
Keittiöhana	8,3	0,14	0,60	0,20	0,07-0,30
Suihkuhana	9,5	0,16	0,60	0,20	0,15-0,30

Vesivirtaamia tulee rajoittaa vähintään 25–50 % perustason nähden, jos tavoitellaan sisätilojen vedenkäytön vähentämisen hyvityspisteitä. Jokaisesta rakennuksessa käytettävästä vesikalustetyypistä tulee erikseen tarkastaa niille sallitut virtaama-arvot tavoiteltavan pistemäärän mukaisesti. Laskennassa hyödynnetään LEED Indoor Water Use Reduction Calculator -työkalua, jonka avulla voidaan arvioida kiinteistön kokonaisvedenkulutuksen määrää. Laskurilla voidaan määrittää eri vesikalustetyypeille tarkat rajoitetut virtaama-arvot. Taulukossa 4 esitetään virtaamarajoituksista saatavat pistemäärät. (33, s. 88–91.)

TAULUKKO 4. LEED-vesikalusteiden pisteet virtaamarajoituksista (33, s. 88)

Virtaama-arvojen rajoitus perustasosta %	Pisteytys (BD+C)	Pisteytys (CS)
20	0	0
25	1	1
30	2	2
35	3	3
40	4	4
45	5	-
50	6	-

Lvi-suunnittelijan vastuulle jää varmistaa rakennuksessa käytettävien vesikalusteiden virtaamat sekä niiden jälkivirtaama-ajat. Elektroniset pesuallashanat ja muut vastaavat elektroniset vesikalusteet kuluttavat lähtökohtaisesti vähemmän vettä kuin perinteiset vakiovirtaamavesikalusteet. Suunnittelijalla tulee myös selvittää, voidaanko hanoissa käyttää esimerkiksi vettä rajoittavia pore-suuttimia, ja onko hanojen virtaamien säätämiset helposti toteutettavissa. Tarvittaessa



käyttövesiputkistoon tulee asentaa erillisiä virtaamien kuristimia, jotta sertifikaatissa tavoiteltu virtaama-arvo saavutetaan. Kiinteistöön voidaan asentaa myös tila-, kerros- tai vyöhykekohtaisia paineenalennusventtiilejä ja virtaamakuristimia virtaama-arvojen saavuttamiseksi. (35.)

Sertifikaatissa vaaditaan kiinteistössä sijaitsevilta asuin- sekä ammattikäyttöisiltä pyykinpesu- ja astianpesukoneilta Energy Star -luokitusta. Euroopan alueella ja Suomessa kyseinen vaade tarkoittaa vähintään A-energialuokan kodinkoneita. Mikäli käytettävästä laitteistosta ei ole saatavilla energialuokitusta voidaan laitteen todeta olevan Energy Star -luokitusta vastaava, jos laitteen suoritusaste on energiakulutukseltaan yhtä suuri tai pienempi kuin 0,94 kWh ohjelmaa kohden, ja laitteen vedenkulutus on yhtä suuri tai pienempi kuin 11,5 litraa pesuohjelmaa kohden. Jääpalakoneilta vaaditaan Energy Star -luokitusta tai niiden tulee käyttää ilmajäähdytteistä tai suljetun kierron jäähdytystä, kuten jäähdytys- tai lauhdutinvesijärjestelmää toiminnassaan. (33, s. 82; 35.)

Suunniteltaessa koulurakennuksia, terveydenhuollon tiloja, vähittäiskauppoja ja ravintoloita tulee niiden sisältämien ammattikeittiölaitteiden ja vastaavien laitekokonaisuuksien täyttää taulukossa 5 ilmoitetut vedenkulutustiedot. Lisäpisteitä tavoiteltaessa tulee kiinteistöön asentaa sellaiset teknilliset laitteistot, jotka täyttävät taulukossa 5 esitetyt laitteiden energialuokitusvaatimukset tai kulutustiedot. Ammattikeittiöissä tulee käyttää poistoveden lämpötilan karkaisua, jos paikkakuntakohtaisesti vaaditaan rajoittamaan viemäriverkoston johdettavaa korkeaa nesteen poistolämpötilaa. Karkaisulaitteen tulee juoksuttaa viemäriverkoston kylmempää vettä vain silloin kun ammattikeittiön laitteisto poistaa kuumaa vettä verkostoon. Keittiön viemäriverkosto voidaan varustaa myös lämmöntalteenottojärjestelmällä, joka viilentää poistoveden lämpötilaa viemäriin. Höyryävä lauhdesevesi tulee järjestää takaisin kattilaan erillisen palautusjärjestelmän kautta. LEED-sertifikaatti kieltää käyttämästä sellaisia ammattikeittiön laitteistoja, jotka tuottavat tyhjiön poistoviemäriin veden virtaamaa hyödyntämällä. (33, s. 82–83, 88–91.)

TAULUKKO 5. Ammattikeittiölaitteiden vaatimukset ja optiot LEED-sertifikaatissa (33, s. 83, 89)

LEED Ammattikeittiöt	Sijainti/malli	Perustason virtaama-arvon vaatimus (l/hylly)	Energialuokka (lisäpiste)
Astianpesukone	Tason alla	≤6,0	Energy Star tai vastaava (A-taso)
	Kiinteä, yksisäiliöinen	≤5,3	Energy Star tai vastaava (A-taso)
	Kuljetin, yksisäiliöinen	≤3,8	Energy Star tai vastaava (A-taso)
	Kuljetin, monisäiliö	≤3,4	Energy Star tai vastaava (A-taso)
	Flight-tyyppiset koneet	≤680 l/h	Energy Star tai vastaava (A-taso)
Höyrytys	Erä	≤23 l/h/pannu	≤7,5 l/h/pannu, kondenssiv edellä
	Tilauksesta kokattava	≤38 l/h/pannu	≤19 l/h/pannu, kondenssiv edellä
Yhdistelmäuuni	Työtaso tai jalusta	≤13 l/h/pannu	≤5,7 l/h/pannu, kondenssiv edellä
	Rullattava	≤13 l/h/pannu	≤5,7 l/h/pannu, kondenssiv edellä
Ruokajätteen hävittäjä (lisäpiste)	Hävittäjä	11-30 l/min, täysi kuorma, 10min; tai 3,8 l/min, ei kuormitusta	
	Jätekerääjä	Max 7,6 l/min	
	"Pulpperi"	Max 7,6 l/min	
	Siivilä	Ei vaatimuksia	

Sertifikaatissa mainitaan vaihtoehtoinen toteutustapa, jolla voidaan saavuttaa hyvityspiste ammattikäyttöisten pesukoneiden käytöstä. Sertifikaatti vaatii kaupallisilta pesukoneilta käsiteltäväksi vähintään 57 606 kilogrammaa pyykkiä vuoden aikana. Pesukoneiden tulee myös käsitellä vähintään kahdeksan tunnin käyttöaikana 1088 kilogrammaa pyykkiä. Kiinteistön pyykinpesulaitteisto saa kuluttaa vettä vain seitsemän litraa jokaista 0,45 kilogrammaa kohden. (33, s. 88–90.) Suunnittelijoilla tulee varmistaa kiinteistössä käytettävien laitteiden energialuokat, kulutustiedot ja toimintaperiaatteet, jotta kohteeseen hankitaan sopivat laitteet (35).

### Prosessivesien hallinta

Ympäristöluokitus kieltää käyttämästä juomakelpoista vettä kertaluonteisissa jäähdytysjärjestelmissä. Kaikki rakennukseen asennettavat erilliset jäähdytystornit ja -lauhduttimet tulee varustaa vähintään vesimittareilla, säätölaitteistolla, ylivuodon hälytysjärjestelmällä sekä tehokkailla virtaamarajoittimilla. (33, s. 82.) Sertifikaatissa mainitaan kolme erilaista vaihtoehtoa, joilla voidaan saavuttaa prosessivesien hallinnasta hyvityspisteitä.

Ensimmäisessä ehdotuksessa tulee toteuttaa jäähdytystorneille sekä -lauhduttimille juomaveden analyysimittaus. Laitteistosta tulee mitata vähintään viisi erilaista järjestelmän ohjausparametriä, jotka esitetään taulukossa 6. Jäähdytystornien käyttöjaksojen enimmäismäärä tulee laskea jaksamalla jokaisen parametrin suurin sallittu pitoisuustaso kunkin parametrin analyysimittauksesta saadulla arvolla. Jäähdytystornien jaksoista käyntiä tulee rajoittaa, jos parametrien enimmäisarvot

uhkaavat ylittyä. Jäähdytystornien ja -lauhduksimien putkimateriaali tulee olla sellainen, mikä kestää ja toimii taulukon 6 mukaisissa rajoissa. (33, s. 92–93.)

TAULUKKO 6. Prosessivesien maksimipitoisuudet (33, s. 92)

Parametrit	Maksimiarvo
Kalsium (Ca / CaCO <sub>3</sub> )	600 ppm
Veden alkaliteetti	500 ppm
Sillikaatti (SiO <sub>2</sub> )	150 ppm
Kloori (Cl)	300 ppm
Sähkönjohtavuus	3300 µS/cm

Ympäristöluokitus vaatii tehostamaan jäähdytystornien syklien määriä 25–30 %. Mikäli syklien määriä ei haluta nostaa, tulee tällöin lisätä lauhduksimien käsittely- sekä kunnossapitojaksojen määriä. Jäähdytystornien järjestelmässä voidaan myös käyttää kierrätettyä vettä hyvityspisteen saavuttamiseksi. Kierrätettävän veden osuuden tulee olla vähintään 20–30 % laitteiston vaatimasta kokonaisvedentarpeesta. Jäähdytystornissa käytettävän kierrätetyn veden vähimmäisprosenttiosuuden tulee perustua sen kuukauden vedenkäyttöön, jolloin vettä kulutetaan eniten. Yleensä tämä painotuu kesäkuukausien ajanjaksolle. Haihdutus- ja jäähdytyslaitteiden vesilähteenä voidaan myös käyttää toisten käyttöprosessien talteenotettua vettä. Talteenotetun veden tulee täyttää aiemmin esitetyt parametrit. Kaukojäähdytysjärjestelmissä vaaditaan myös samojen parametrien täyttämistä. (33, s. 92–93.)

Toisessa ehdotuksessa tulee optimoida jäähdytystornijärjestelmien vedenkäyttöä. Vaatimuksena on saavuttaa aksiaalisilla muuttuvanopeuksilla puhaltimilla jäähdytystornien hyötysuhde tehokkaammaksi kuin keskimääräisen vesijäähdytteisen jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde on. Järjestelmän täytyy lisäksi toimia kolmen eri jäähdytystornin käyttöjaksoja tehokkaammin. Järjestelmän suurin virtaamapoikkeama saa olla enintään 0,002 % kierrätetyn veden tilavuudesta. Samaa käytäntöä tulee soveltaa, jos kohteessa on käytössä kaukojäähdytysjärjestelmä. Vuotuisen vedenkulutuksen vähentämisestä ansaitaan hyvityspisteitä, jos saavutetaan 25–100 %:n vähennykset verrattuna vesijäähdytteisen jäähdytysjärjestelmän arvoihin. (33, s. 93–98.)

Kolmannessa ehdotuksessa tulee osoittaa, että prosessijärjestelmissä käytetään vähintään 20 % kierrätettyä vettä. Tavoiteltaessa ehdotuksen maksimaalisia hyvityspisteitä tulee kierrätettävän veden osuuden olla 30–40 % järjestelmän kokonaisvedenkulutuksesta. Kierrätetyn veden tulee täyttää aiemmin esitetyt parametrit. Vedenkäytön tulee perustua sen kuukauden vedenkäyttöön, jolloin

vedentarve on suurin. Prosessivesien osuus tulee olla vähintään kymmenen prosenttia kiinteistön kokonaisvedenkulutuksesta. Laskentaan ei sisällytetä jäähdytyksen vettä. (33, s. 94–98.)

### **Vedenkulutuksen mittaaminen**

Sertifikaatin vedenhallinnassa vaaditaan järjestämään kiinteistöön käyttöveden päämittaus. Sertifiikaatti vaatii luovuttamaan kaikki kerätyt käyttöveden mittaustulokset yhtäjaksoisesti viiden vuoden ajalta USGBC:lle kuukausi- ja vuositaso mittaauksina. (33, s. 85; 35.) Päävedenmittauksen vaatimus täytetään Suomen lainsäädännön vaatimuksen pohjalta. Vesimittari on hyvä varustaa impulssimittauksella mittaustulosten saamiseksi. Asuinrakennuksissa tulee jokaiseen huoneistoon asentaa omat vesimittarinsa kylmään ja lämpimään käyttöveteen. (35.)

Kiinteistön vesijärjestelmät tulee varustaa erillismittareilla, jos halutaan saavuttaa osion hyvityspiste. Asennukset tulee toteuttaa vähintään kahteen eri järjestelmään kuten

- kastelujärjestelmään, joka kattaa vähintään 80 % palvelualueesta
- vesikalusteisiin, jotka kattavat vähintään 80 % palvelualueesta
- lämpimään käyttöveteen, joka kattaa vähintään 80 % palvelualueesta
- prosessiveteen, joka kattaa vähintään 80 % palvelualueesta
- uudelleenkierrätettyyn ja/tai talteenotettuun vesijärjestelmään
- yli 150 kW:n varaajiin ja laitteisiin, joiden kulutus on vähintään 378,5 m<sup>3</sup> vettä. (33, s. 99–100.)

Talotekniikkasuunnittelijoilla tulee tarkastaa ja määrittää käytettävien vesimittareiden tyypit, johdotukset sekä tiedonsiirtomenetelmät. Näin mittaustulokset saadaan helposti kerättyä ja jaettua eteenpäin. Kiinteistön vesimittareista tulee koostaa mittarikaaviot selostuksineen ja niiden sijainnit tulee esittää suunnitelmissa. (35.)

#### **3.1.5 Talotekniikan toiminnanvarmistukset**

Talotekniikan käyttöönottovaiheen pöytäkirjoihin tulee laatia riittävän kattava dokumentointi toteutetuista toiminnanvarmistuskokeista mittaustuloksineen. Toiminnanvarmistuksilla turvataan rakennuksen kestävyttä sekä hyvää energian, veden ja sisäilman laatua kiinteistön käyttöönottovaiheessa. Toimintakokeiden aikataulun, tarkastuslistojen sekä ohjeiden luonnit kuuluvat

rakentamisen hyviin käytäntöihin ja myös ympäristöluokituksen vaatimuksiin. Rakennukseen tulee toteuttaa kaikki pakolliset talotekniikan toimintakokeet ja toiminnanvarmistukset. Suunnittelijoilla tulee kirjata kohteen työselostuksiin rakennukseen toteutettavat toimintakokeet ja testausmenetelmät. Työmaalla tulee varata riittävästi aikaa toimintakokeiden järjestämiseen aikatauluttamalla niitä sopiville ajankohdille. (33, s. 101–103; 35.)

Hankkeelle tulee määrittää puolueeton talotekniikan valvoja. Henkilöllä tulee olla riittävä kokemus suunnitelmien tarkastuksesta takuuajaksiin toimintakokeisiin asti. Valvojan tehtäviin kuuluu tavoitteiden tarkistukset, tarkastussuunnitelman ja -listojen sekä -asiakirjojen läpikäynnit, kuten myös työmaan käyttöönottomenetelyn hallinnointi. Osion hyvityspisteet saavuttaakseen kohteen valvojan tulee tarkastaa huoltokirjat, toimintaohjeet, henkilöstökoulutukset ja urakoitsijahankinnat. Valvojalle voidaan erikseen sisällyttää laajempi tehtäväkuva toiminnanvarmistussuunnitelman kehittämiseen. Talotekniikan valvojalla tulee myös todentaa kohteen liittäminen energianseurantajärjestelmään. Rakennukseen tulee kehittää mittauksiin perustuva järjestelmä energiajärjestelmien seuraamiseksi. (33, s. 101–103, 129–131; 35.)

Sertifikaatissa vaaditaan rakennuksen käyttöhenkilökunnan perehdytyksien dokumentointia ja käytönajan toiminnanvarmistussuunnitelman laatimista. Toiminnanvarmistuksen voi laajentaa koskemaan myös ulkovaippaa. Puolueettoman rakennustöiden valvojan toimenkuvaan kuuluu suunnitelmien tarkastukset sekä vaipan tiiveyden ja lämpötekniikan toiminnan varmennukset. Yleensä toimenpiteinä käytetään ilmatiiveysmittausta, lämpökamerakuvausta ja vaipan malliasennusten katselmuksia. Vastaanoton yhteydessä tulee tarkastaa rakennuksen vaipan tiiveys ja lämpötekniikan toiminta. Suunnittelijoilla on hyvä osallistua tarvittavissa määrin toiminnanvarmistussuunnitelman laatimiseen. (33, s. 101–103, 129–131; 35.)

Olemassa olevaan rakennukseen tulee laatia toiminta- ja ylläpitosuunnitelma. Sen tulee sisältää kaikki tiedot rakennuksen toiminnasta, käyttöaikatauluista, laitteiden käyntiaikatauluista, talotekniikkalaitteiden asetusarvoista, valaistustasoista, ulkoilman vähimmäisvaatimuksista sekä mahdollisista muutoksista aikatauluissa, asetusarvoissa ja ohjauksissa eri vuodenaikoina, viikonpäivinä ja vuorokaudenaikoina. Automaatiosuunnittelijalla tulee laatia järjestelmäkuvaukset, jotka kuvaavat kiinteistön lvi- ja sähköjärjestelmiä sekä niihin kuuluvia laitteita. Kiinteistölle tulee myös laatia teknillisten laitteiden huoltosuunnitelmat ja käyttöönotto-ohjelmat. Niiden tulisi sisältää vähintään määraaikaisia ja jatkuvia käyttöönottovaatimuksia sekä -tehtäviä. Laitteiston huoltokirja tulee luovuttaa

kiinteistön huoltohenkilökunnalle, joilla tulee huolehtia myös laitteiston säännöllisestä huoltamisesta. (33, s. 101–103.)

### **3.1.6 Rakennuksen energiankäyttö**

Ympäristöluokituksen tavoitteena on edistää kiinteistön joustavuutta sekä vähentää liiallisesta energiankäytöstä aiheutuvia ympäristö- ja taloushaittoja. Energiansäästöillä pienennetään luonnon kuormitusta, vähennetään rakennuksessa kulutettavan energian määrää ja fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Energiankulutuksen optimoinnilla voidaan välttyä rakennuksen lisäenergian ostolta. Pitkällä tähtäimellä tämä säästää rakennuksen käyttökustannuksissa. Rakennuksen energiatehokkuus riippuu pitkälti käytettävistä rakennusmateriaaleista sekä sen rakenteellisista ja taloteknisistä ratkaisuista. Yksinkertaisiin ja energiatehokkaisiin ratkaisuihin päästään parhaiten, jos eri suunnittelualat tekevät tiivistä yhteistyötä keskenään. (33, s. 104–125; 35.)

Kiinteistössä tulee tarkastella talotekniikan kokonaisvaltaista toimintaa sekä kiinnittää huomiota laitteistojen ohjauksiin eri vuodenaikoina ja eri kuormitustilanteissa. Energiatehokkailla kodinkoneilla ja laitteilla on myös suuri vaikutus energiansäästöihin. Kategorian talotekniset vaatimukset kohdistuvat energiatehokkuuden vähimmäistasoon, energiankulutuksen mittaukseen, kylmäaineiden ja sähkön tehotarpeen hallintaan sekä uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksiin. (33, s. 104–125; 35.)

### **Energiatehokkuuden optimointi**

Riittävän korkea energiatehokkuuden taso on asetettu sertifikaatissa minimivaatimukseksi. Sen mukaan rakennukseen tulee tehdä energiasimulointi, jolla voidaan todentaa vähintään viiden prosentin energiansäästö lähtötilanteeseen nähden. Sertifikaatin mukaan lähtötilanteen energiansäästöjen tulee perustua ASHRAE-standardiin 90.1–2016 (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tai USGBC:n hyväksymään kansalliseen standardiin. ASHRAE on yhdysvaltalainen ammattiyhdistys, mikä pyrkii edistämään lvi- ja jäähdytysjärjestelmien suunnittelua sekä rakentamista. Energiasimuloinnin tulee täyttää standardin kohtien 5–10 määräykset. Suomessa toteuttavat energialaskennan periaatteet täyttävät lähtökohtaisesti standardissa mainitut energiamallinnusvaatimukset. Standardin vaatimuksiin on aina syytä tutustua

poikkeavissa toteutusratkaisuissa. Sertifikaatti hyväksyy myös standardin osan 11 tai G-kohdan normatiivisen lisäyksen energiatehokkuuden optimoinnin määrittämisessä. (33, s. 104–125; 35.)

Rakennuksen laskennallisella energiankulutuksella on huomattava vaikutus sertifikaatista tavoiteltavaan arvosanaan. Parantamalla energiatehokkuutta minimivaatimustasoa korkeammaksi voidaan osiosta saavuttaa jopa 18 hyvityspistettä. Saavutettava pistemäärä perustuu laskennan osoittamaan energiankustannusten säästöön. (33, s. 132–140.)

Suomessa toteutettavilla yksinkertaisilla teknillisillä ja passiivisilla toimenpiteillä voidaan saavuttaa suuri laskennallinen säästö verrattuna lähtötilanteen määritelmiin. Tyypillinen energiansäästö toteutettavissa hankkeissa vaihtelee noin 30–60 %:n välillä. Suurimmat vaikuttavat tekijät kohdistuvat lämmönkulutukseen, ilmanvaihtoon ja valaistukseen. Tehokkaita energiaa säästäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi kiinteistöjen lämmittäminen maalämmöllä ja ilmanvaihtokoneiden korkeat hyötysuhteet sekä pienet SFP-luvut (Specific Fan Power). Tehokkaalla LED-valaistuksella (Light-Emitting Diode) ja alhaisella valaistustehokkuudella on merkittävä vaikutus rakennuksen energiansäästöihin. (35.)

Kiinteistön energiankulutustavoite tulee määrittellä jo hankesuunnitteluvaiheen aikana energialaskennan pohjatiedoksi. Lvi- ja sähkösuunnittelijalla tulee toimittaa suunnitteluratkaisujen tiedot energialaskentaan, johon tarvitaan muun muassa seuraavia tietoja:

- lämmönjakotavat eri tilaryhmissä
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien kytkentäkaaviot
- lämmitystehon tarpeet kiinteistössä
- sisälämpötilat tilatyypeittäin
- pumppujen tehot ja virtaamat
- maalämmön tai muun järjestelmän COP-lämpökerroin ja sähköteho
- ilmamäärät ilmanvaihtokoneittain sekä LTO-ratkaisut ja niiden hyötysuhteet
- ilmanvaihtokoneiden suunnitellut SFP-arvot
- valaisinluettelo, sisä- ja ulkovalaisimet eroteltuna
  - valaisimien ohjausperiaatteet
  - valaisimien tilatyypikohtaiset mitoitusvahvuudet W/m<sup>2</sup> tai painotettu keskiarvo
- erillisten prosessien ja kiinteistöjärjestelmien sähkötehot ja ohjaukset. (35.)

## **Energiankulutuksen mittaaminen**

Sertifikaatti vaatii tontille talokohtaisia energiamittauksia. Rakennuksiin tulee asentaa energiamittarit, jotka mittaavat niiden kuluttamaa ostoenergiaa. Jokaiseen asuinhuoneistoon tulee asentaa oma sähkömittari. Mittaustulokset tulee jakaa USGBC:lle viideksi vuodeksi. Mittaukset toteutetaan vähintään kuukausitasoisena. (33, s. 126–127; 35.)

Asentamalla energiakulutuksen mittarit kaikkiin rakennuksen kattaviin järjestelmiin sekä niille alajärjestelmille, joiden osuus kattaa vähintään kymmenen prosenttia rakennuksen kokonaisenergiatarpeesta saavutetaan osion hyvityspiste. Mittareita voidaan asentaa esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden sähkökulutukseen, valaistukseen, sulanapitoon ja autolämmityksiin. Käytettävien mittareiden tulee olla teknillisiltä ominaisuuksiltaan kiinteästi asennettavia. Sähkömittareilla tulee mitata vähintään kulutuksen ja tehon mittauksia. Kaikki asennettavat mittarit tulee olla yhdistettävissä tiedonkeräysjärjestelmään ja sen täytyy pystyä säilyttämään seurantadataa vähintään kolmen vuoden ajan. Tiedonkeräysjärjestelmässä on käytettävä lähiverkkoa, rakennusautomaatiojärjestelmää, langatonta verkkoa tai muuta vastaavaa viestintäinfrastruktuuria. Mittareiden mittaussivoksi tulee asettaa korkeintaan yksi tunti ja tietojen tulee olla etäluettavissa. Kaikkien järjestelmään kytkettyjen mittareiden tulee mitata dataa tunti-, päivä-, kuukausi- ja vuositasolla. Esimerkiksi EnerKey täyttää sertifikaatin tiedonkeräystä koskevat vaatimukset. (33, s. 141–142; 35.)

Energiamittauksien riittävään todentamiseen tarvitaan yleensä mittareiden kaaviokuvat, tekniset tiedot ja niiden sijainnit. Esimerkiksi maalämpökohteissa voidaan vaatia sähkön päämittausta, lämmityskattilan ja käyttövesivaraajan sähkövastusten mittauksia, ilmanvaihdon sähkönmittausta ja huoneistokohtaisia mittauksia. Lvi-tekniikasta voidaan vaatia maalämmön kokonaisenergian tuoton mittaamista ja lämmitysenergian sekä lämpimän käyttöveden energian mittausta laskennallisella tasolla. Suunnittelijoilta tämä vaatii yleensä mittareiden paikannuspiirustuksien laatimista, kohteeseen sopivien mittareiden valintaa ja niiden yhdistämistä automaatiojärjestelmään. (35.)

## **Kylmäaineiden hallinta**

Otsonivaarallisten kylmäaineiden hallinnassa sertifikaatti kieltää käyttämästä CFC-yhdisteitä (Chlorine-Fluorine-Carbon) uusissa jäähdytyksen, lämmityksen ja ilmanvaihdon järjestelmissä sekä laitteissa. Kyseisiä kylmäaineita sisältäviä laitteita ei saa enää maahantuoda tai valmistaa, sillä ne hajottavat maapallon otsonikerrosta. Euroopan unioni on vaatimuksissaan linjannut samoin, jolloin



se ei enää aiheuta ongelmia uudiskohteissa. Ohjeistuksessa on erikseen mainittu, ettei alle 0,225 kilogrammaa kylmäainetta sisältäviä laitteita lasketa vaatimuksen piiriin. Mikäli kiinteistöön ei tarvitse järjestää erillistä jäähdytystä simulointien tai tilaajan toimesta, saavutetaan automaattisesti osion hyvityspisteet. Kaikista kiinteistöön toteutettavista jäähdytysjärjestelmistä vaaditaan toimitettavaksi käytettävien kylmäaineiden tiedot ja määrälaskelmat. (33, s. 128; 35.)

Kaikissa jäähdytetyissä kiinteistöissä voidaan tavoitella osion hyvityspisteitä. Tällöin jäähdytystehoon suhteutettujen kylmäaineiden ympäristövaikutuksien tulee olla laskennallisesti alle sertifikaatissa esitetyn vaatimustason. Laskelma perustuu kylmäaineiden GWP (Global Warming Potential) ja ODP (Ozone Depletion Potential) -arvoihin. ODP-arvon tulee olla nolla, ja GWP-arvon on oltava alle 50. Vaatimus kohdistuu myös kaupan kylmäkaappeihin, valmistuskeittiöiden kylmiöihin ja kylmälaitteisiin sekä erillisiin ilmalämpöpumppuihin. Laskentaan voidaan vaikuttaa positiivisesti pitkäikäisillä kompressoreilla, pienellä kylmäainetäytöllä ja matalalla GWP-arvolla. Vaatimukset saavutetaan tyypillisesti käyttämällä kaukokylmää, joka on keskitettyä kylmätuotantoa. Kylmäainevaatimukset täyttyvät esimerkiksi seuraavilla enimmäistäyttömäärillä:

- R134A: 0,385 kg/kW
- R404A: 0,125 kg/kW
- R410A: 0,270 kg/kW. (33, s. 158–161; 35.)

Kohteessa käytettävistä jäähdytyslaitteista vaaditaan LEED-tarkastajalle toimitettavaksi teknistä dokumentaatiota. Sen tulee sisältää muun muassa laitteiden merkit, mallit, jäähdytystehot, kylmäainetyypit ja -määrät sekä kompressorien tiedot. Lvi-suunnittelija voi koota kyseisiä tietoja esimerkiksi kojeluetteloon tukemaan laitevalmistajan dokumentointia. (35.)

Kiinteistölle on mahdollista toteuttaa kylmäaineiden hallintasuunnitelma. Suunnitelman tulee sisältää tiedot kohteessa käytettävistä kylmäaineista, vuodon havaitsemisen toimenpiteistä, jälkiasennuksista ja asianmukaisesta kylmäaineiden varastoinnista. Dokumentissa tulee myös ilmetä suunnitelmat kylmäaineiden oikeaoppisesta hävittämisestä. Suunnitelmaan tulee yksilöidä ne kiinteistön ylläpitohenkilöt, jotka vastaavat kyseisten järjestelmien kunnossapidosta ja koulutuksista. Kylmäainejärjestelmien tarkastuskokeet tulee tehdä ASHRAE 15-2019: Safety Standard for Refrigeration Systems -standardin mukaisesti tai USGBC:n hyväksymällä vastaavalla dokumentilla. Standardissa mainitaan menetelmät, joilla kylmäainejärjestelmiä voidaan suunnitella, rakentaa, asentaa ja käyttää turvallisesti. Standardin käytössä tulee myös huomioida ASHRAE 34-2019 -standardiin viittaukset tarkastuskokeiden huomioita. (33, s. 158–161.)

## Sähkön tehotarpeen hallinta

Kiinteistölle voidaan järjestää sähkön kysyntäjousto kolmella eri menetelmällä, joista yksi toimenpide tulee toteuttaa hyvityspisteiden saavuttamiseksi. Ensimmäisessä vaihtoehdossa projekti tulee liittää olemassa olevaan kysyntäjousto-ohjelmaan. Järjestelmään tulee mahdollistaa ulkopuolisen kustannustiedon syöttö. Ohjelmalla täytyy pystyä ohjeellisesti pienentämään sähkön kulutushuipun tehontarvetta vähintään kymmenen prosenttia. Kiinteistön tulee myös liittyä olemassa olevaan tarpeenmukaiseen ohjausjärjestelmään vähintään yhden vuoden kestoisella sopimuksella. Kiinteistön tehontarvetta voidaan lähteä pienentämään esimerkiksi sammuttamalla ajoittain sulatuksia, ilmanvaihtoa ja autojen latauksia tai ajamalla niitä säännöllisesti osateholle. Tarkemmat toimenpiteet tulee aina tarkastaa sähkö- ja automaatio-suunnittelijan kesken. (33, s. 143–149; 35.)

Kiinteistön tekniikka voidaan valmistella kysyntäjousto varten. Tällöin kiinteistöön tulee asentaa vähintään automaatioon kytketyt mittarit ja laatia suunnitelma, joka kertoo erilaisista keinoista, joilla voidaan leikata kymmenen prosenttia kiinteistön sähkön huipputehosta. Kolmannessa vaihtoehdossa tulee analysoida sähkötehon kysyntäkäyrää ja verrata sitä alueellisen sähkön kysyntään tai sähkötuotannon päästötasoihin. Tulosten perusteella tulee toteuttaa ratkaisuja, joilla voidaan alen- taa kiinteistön sähkötehon tarvetta alueellisen huippukysynnän aikana tai silloin kun sähköntuotan- non päästöt ovat huipussaan. Järjestelmään tulee asentaa vähintään automaatioon kytketyt mitta- rit. Vähintään kymmenen prosentin säästö tulee toteutua joko

- pienentämällä sähkön huipputehoa
- siirtämällä järjestelmän huipputehoa kahdella tunnilla
- pienentämällä huipputehoa energiavarastojen avulla tai
- liittämällä kiinteistö verkkoon, joka hyödyntää sähkön jousto-ohjelmaa. (33, s. 143–149.)

Sähkösuunnittelijalla täytyy laatia riittävä kuvaus käytettävästä kysyntäjoustojärjestelmästä ja do- kumentoida vaatimuksen täytyminen sertifikaatin tietokantaan. Kohteessa voidaan esimerkiksi hyödyntää Leanheat -järjestelmää. (35.)

## Uusiutuva energia

Kiinteistön tontilla sijaitsevilla uusiutuvan energian lähteillä tulee kattaa vähintään kaksi prosenttia rakennuksen kokonaisenergiatarpeesta, jotta osion hyvityspiste voidaan myöntää hankkeelle. Vaatimus täytetään hyödyntämällä esimerkiksi tuulivoimaa tai aurinkosähköjärjestelmää tontilla.

Sertifikaatti hyväksyy myös aurinkopuistojen ja kunnallisten uusiutuvien energialähteiden käyttämisen. Alueen ulkopuolella uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön tulee olla lähialueella tuotettua. Lähialueen järjestelmän tulee olla valmistunut viimeisen viiden vuoden aikana. Uuden kunnallisen järjestelmän tulee viimeistään olla toiminnassa kahden vuoden kuluttua rakennuksen käyttöönotosta, jotta piste voidaan myöntää. Lähialueella tuotetusta uusiutuvasta energiasta vaaditaan Green-e Energy -sertifiointia ja sähkösopimuksen tekemistä vähintään kymmeneksi vuodeksi. Vaihtoehtoisesti kiinteistön energiankulutus voidaan kompensoida kymmenen vuoden ajaksi vihreällä sähköllä. Sen tulee olla myös Green-e Energy -sertifioitua. (33, s. 150–157; 35.)

### 3.1.7 Sisäilman laatu

LEED-sertifikaatissa kiinnitetään huomiota kiinteistön asukkaiden lämpömukavuuteen, hyvinvointiin ja hyvään sisäilman laatuun. Riittäväällä ilmanvaihdolla parannetaan kiinteistön käyttäjien viihtyvyyttä. Kiinteistön huonetilojen ilmamäärät tulee pohjautua vähintään ASHRAE 62.1-2016 -standardin arvoihin. Ilmamäärien määrittämisessä voidaan käyttää paikallisia mitoitusohjeita, jos niissä esitetyt lukuarvot ovat suurempia kuin standardissa esitetyt arvot. Huonetilojen ilmamäärien määrittämisessä käytetään Suomessa Finvacin (The Finnish Association of HVAC Societies FINVAC ry) oppaita ja sisäilmastoluokitus 2018 ohjearvoja. Kyseisten dokumenttien ilmamäärävaatimukset riittävät lähtökohtaisesti täyttämään ASHRAE 62.1-2016 -standardissa ilmoitetut arvot. Tilakohtaiset ilmamäärät tulee kuitenkin aina tarkastaa jokaisesta dokumentista erikseen. (33, s. 212–216; 35.)

ASHRAE 62.1-2016 -standardi vaatii suurempia etäisyyksiä ulospuhalluksen ja ulkoilmanilmanottoaukkojen välille, kuin ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmaston ja ilmanvaihdon 1009/2017 opastavissa teksteissä esitetään. Standardi vaatii vähintään kymmenen metrin vaakaetäisyyksiä neljännen poistoilmaluokan ulospuhalluksien ja ulkoilmanilmanottoaukkojen välille. Etäisyydet tulisi aina pyrkiä täyttämään. Sertifikaatin arvioija voi myöntää erillisen poikkeaman esitettyihin etäisyysvaatimuksiin, jos käytettävien ratkaisujen perustelut ovat riittävän selkeitä ja vahvoja. Tilanteessa voidaan hyödyntää esimerkiksi päätelaitteiden ilmapirtasimulointeja. (35; 37; 38.)

Sertifikaatti vaatii ilmanvaihtokoneiden sisäänpuhallusilman mittausseurantaa. Vaatimus koskee ilmanvaihtokoneita, joiden kokonaisilmamäärä ylittää arvon 0,472 m<sup>3</sup>/s. Käytettävän mittauslaitteen ilmamäärän tarkkuudeksi vaaditaan  $\pm 10$  %. Ilmamäärien poikkeamien ollessa  $\pm 15$  %

alkuperäisestä arvostaan, tulee kiinteistön huoltohenkilökunnalle tapahtua hälytys. Automaatio-suunnittelijalla tulee valita kohteeseen sopivat mittausanturit ja laatia hälytystietojen kuvaukset ilmanvaihtokoneiden säätökaavioiden yhteyteen. Vakiovirtausjärjestelmissä ilmanvaihtokanavistot tulee varustaa säätimin, jotka varmistavat säätöpellin auki-asennon minimiulkoilmavirran saavuttamiseksi. Lvi-suunnittelijalla tulee kiinnittää huomiota vakiovirtauspellin valintaan. (33, s. 213; 35.)

Sisäilman laadun parantamiseksi vaaditaan täytettäväksi kolmesta kuuteen erilaista toimenpidettä, jotta saavutetaan osion hyvityspisteitä. Yhdessä toimenpiteessä kaikki epäpuhtaat tilat tulee järjestää alipaineisiksi. Mitoitusperiaatteena tulee käyttää 2,54 l/s/m<sup>2</sup> kohden, ja kaikki epäpuhtaat tilat tulee varustaa itsesulkeutuvilla ovilla. Epäpuhtaita tiloiksi luokitellaan muun muassa autotallit, siivous- ja pesutilat, tulostustilat sekä jätetuoneet. Toisessa toimenpiteessä kaikkien ilmanvaihtokoneiden suodattimien tulee olla vähintään ePM1 50 % -luokkaa. Vaatimus koskee myös kierrätysilman suodattimia. Lvi-suunnittelijalla on hyvä merkitä käytettävien ilmanvaihtokoneiden suodattimien tiedot kojeluettelon yhteyteen. Kolmas ja neljäs toimenpide kohdistuu huonetilojen ilmamäärin kasvattamiseen. Perustason ilmavirtoja tulee nostaa 15 % tai 30 % suuremmiksi. Perusarvot määräytyvät ASHRAE 62.1-2016 -standardin mukaisesti. (33, s. 222–226; 35; 37.)

Sisäilman toimenpidevaatimuksena on asentaa jatkuvasti käytössä oleviin tiloihin tilakohtaiset hiilidioksidimittaukset (CO<sub>2</sub>). Ne voidaan asentaa esimerkiksi luokka- ja konferenssihuoneisiin. Hiilidioksidipitoisuuden asetusarvojen määrittämisessä tulee käyttää ASHRAE 62.1-2016 -standardin liitettä D. Ilmanlaadun huonontumisesta tulee huonetilaan järjestää hälytys, mikäli perusarvo kohoaa yli kymmenen prosenttia sille asetetusta asetusarvostaan. Tiloihin voidaan järjestää esimerkiksi ilmapirtsäätöinen ilmanvaihto tai erillinen tehostuspainike, jotta tilan käyttöä voidaan jatkaa normaalisti suuremmasta päästökuormituksesta huolimatta. Tiloihin voidaan myös asentaa mittausanturit, jotka seuraavat liiallista lämpökuormaa sekä muita tiloissa syntyviä epäpuhtauksien pitoisuusarvoja ja hälyttävät niistä, mikäli päästöt kohoavat liian korkeaksi asetusarvoonsa nähden. (33, s. 222–226; 35; 37.)

Sertifikaatti kieltää tupakoinnin rakennuksen sisällä ja sen parvekkeilla. Ulkotiloissa polttavan henkilön tulee olla riittävän kaukana kaikista sisäänkäynneistä, ulkoilmaottoaukoista ja ikkunoista, jotta tupakoinnin päästöt eivät pääse leviämään rakennuksen tiloihin. Lvi-suunnittelijalla tulee huomioida mahdollisten ulkoilmaottoaukkojen sijoitukset, jos kiinteistölle määritellään tupakointialue. Kaikki asunnot tulee myös varustaa häikäveroittimin, joiden sijainti tulee esittää sähkösuunnitelmissa. Niiden tekniset tiedot tulee toimittaa sertifikaatin tietokantaan. (33, s. 217–219; 35.)

## Lämpöviihtyvyys

Lämmitys-, ilmanvaihtojärjestelmät ja rakennuksen vaippa tulee suunnitella ASHRAE 55-2017 -standardin tai paikallisen vastaavan vaatimuksen mukaisesti. Rakennukseen tulee järjestää yksilölliset lämpömukavuuden säätimet vähintään 50 %:lle yksittäisiin asukastiloihin. Tämän lisäksi tulee asentaa ryhmälämpömukavuuden säätimet kaikkiin jaettuihin monen hengen tiloihin. Tiloissa täytyy pystyä säätämään joko ilman lämpötilaa, sisälämpötilaa, ilmannopeutta tai kosteutta. Hallirakennuksien varastointi- ja lajittelutiloissa vaatimukset koskevat vain toimistotiloja ja isoja tiloja, joissa on käytössä esimerkiksi lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmiä. (33, s. 241–244.)

## Sisätilojen valaistus ja päivänvalon määrä

Rakennuksissa tulee kiinnittää huomiota sisätilojen valaistukseen ja riittävän päivänvalon saantiin. Osion hyvityspisteitä saavutetaan asentamalla kaikkiin säännöllisesti käytettävissä oleviin tiloihin valaisimet, joiden luminanssit ovat alle 7 000 cd/m<sup>2</sup> kohden tai UGR-luokitus (Unified Glare Rating) on alle 19. Valaistuslaskelmissa tulee käyttää apuna ohjelmistomallinnusta. Kaikki seinävalaisimet ja epäsuorat valaisimet on rajattu vaatimuksen ulkopuolelle. Tiloissa voidaan käyttää vaihtoehtoisesti sellaisia valonlähteitä, joiden värintoistoindeksi CRI (Colour Rendering Index) on vähintään 90. Käytettävien valonlähteiden väritarkkuuden täytyy tällöin olla vähintään 78 väriskaalaa, ja indeksin oltava välillä 97–110. Tarkemmat määrytykset löytyvät Illuminating Engineering Society (IES TM-30) -standardista. Rakennukseen voidaan myös järjestää himmennettävää tai monitasoista valaistusta vähintään 90 %:lle sen huonetiloista. Sähkö- ja valaistussuunnittelijalta toimenpiteet vaativat huolellista valaisimien valintaa ja simulointien toteuttamista, jotka tulee dokumentoida tarkastusta varten. (33, s. 245–248.)

Riittävän päivänvalon saatavuuden varmistamiseksi tulee kaikki säännöllisesti käytössä olevat tilat varustaa manuaalisilla tai automaattisilla häikäisynvalvontalaitteilla. Säännöllisesti käytössä oleviin tiloihin tulee järjestää yli 50 %:n osuus päivänvalon saannista, jotka tulee todentaa päivänvalosimuloinnilla. Toteutus hyväksytään, jos 40–75 % säännöllisesti käytössä olevista tiloista täyttää päivänvalon vaatimuksen. Päivänvalon raja-arvona tulee käyttää 300 luksia. Se tulee järjestää ilman keinotekoisista valaistusta ja suhteuttaa rakennuksen päivittäiseen käyttöaikaan. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä tulee valaistuslaskelmilla tai -mittauksilla osoittaa valaistustasojen olevan riittävät 55–90 %:lle rakennuksen tiloista. Tuloksissa tulee ilmetä, että aikavälillä 09.00–15.00 valaistustasot pysyvät 300–3000 lx:n välillä. (33, s. 249–252.)

## Akustiikka

Talotekniikan akustisissa toimenpiteissä sertifikaatti vaatii koulujen luokkahuoneiden ja muiden opiskelutilojen enimmäisäänitasoksi 40 dB(A) (desibeli, painotettu A-arvo). Opiskelutilan äänentason alittaessa 35 dB(A), voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Pisteiden vaatimuksena on täyttää vähintään kaksi kolmesta eri toimenpiteestä, jotka on kuvattu alle.

- Saavuta kaikkien tilojen äänitasot alle talotekniikan maksimiarvon.
- Luokittele kaikki tilat käytön ja halutun akustisen tason mukaisesti, ja täytä vaaditut säteilyäänien arvot tiloista toiseen.
- Täytä tilojen vaatimukset jälkikäsiennusta. (33, s. 220–221, 258.)

Täyttämällä kaikki osion äänitekniset vaatimukset ansaitaan esimerkillinen suoritusmerkintä (exemplary). Ympäristöministeriön ohjeessa annetut rakennuksen ääniympäristön vaatimustasot ovat pääsääntöisesti tiukemmat kuin LEED-sertifikaatissa esitetään. Rakentamisessa tulee noudattaa ensisijaisesti ympäristöministeriön ohjeita talotekniikan maksimiäänentuotossa. (33, s. 256; 39, s. 32.) Taulukossa 7 esitetään ympäristöministeriön asettamat äänitasojen ohjearvot.

TAULUKKO 7. Talotekniset äänitasot huonetiloissa (39, s. 32)

Tilatyyppi	Ohjearvo, Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)	Ohjearvo, Enimmäisäänitaso $L_{AFmax,T}$ (dB)
Opetustila	33	38
Varhaiskasvatuksen opetustila	28	33
Kokoustila	33	38
Ruokailutila	38	43
Hoitotila	33	38
Harrastustila	33	38
Liikuntatila	38	43
Toimistotila	33	38

## Puhtaudenhallinta

Rakennustyömaalle tulee laatia rakentamisen aikainen puhtaudenhallintasuunnitelma tavoiteltaessa osion hyvityspistettä. Siinä tulee esittää työmaa-aikaisia pölynhallinnan menetelmiä ja materiaalien riittäviä suojaustoimenpiteitä. Urakoitsijalla täytyy laatia työmaan ympäristösuunnitelma, ja toteuttaa rakennustöiden pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelma ennen sisätöiden aloittamista. Toimenpide vaatii työmaan siistinä pitoa ja tupakoinnin kieltämistä rakennuksen sisällä työmaavaiheen aikana. Sisäilman laadunhallinta vaatii lvi-järjestelmiltä asianmukaista varastointia ja avoimien päiden tulppauksia. Käytettäessä kiinteistön ilmanvaihtokoneita rakentamisen aikana tulee

niiden kaikkien suodattimet vaihtaa sekä kanavisto puhdistaa ennen laitteiston käyttöönottoa ja luovutusta. Toimenpiteet vaativat suunnittelijoilta asianmukaisia puhtaudenhallinnan toimenpiteiden kirjauksia työselosteisiin. Työmaan dokumentointi voidaan toteuttaa esimerkiksi raporttien ja valokuvien avulla. (33, s. 234–236; 35.)

### **3.1.8 Suunnittelun innovaatiot**

LEED-sertifikaatissa on mahdollista ansaita innovatiivisista ratkaisuista enintään viisi hyvityspistettä. Yhtenä talotekniikan innovatiivisena toimenpiteenä tulee vähentää kiinteistön mustan veden osuutta vähintään 50 % kiinteistön vedenkäytöstä. Toisena innovatiivisena toimenpiteenä tulee rakennuksen asuinhuoneistoihin asentaa vesivuotojen hälytysjärjestelmä, joka kytketään kiinteistöautomaatiikkaan. (33, s. 261–262; 35.)

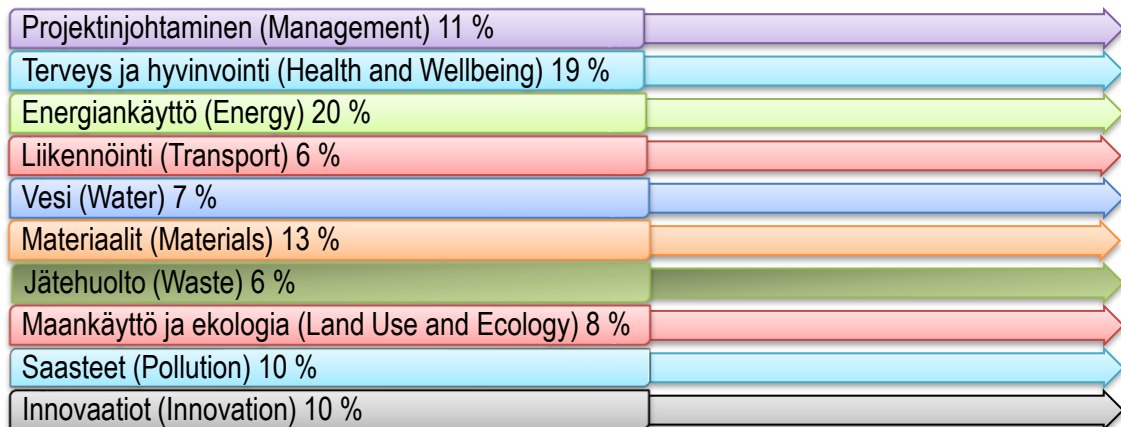
Innovatiiviseksi toiminnaksi lasketaan sadeveden kerääminen ja sen hyötykäyttäminen kasteluvetenä. Vesikatolta kertyvät sadevedet voidaan ohjata rännikaivojen kautta muutaman kuution kokoiisiin vesisäiliöihin, joista vettä voidaan pumpata kasteluvedeksi. Säiliöstä täytyy järjestää ylivuotoyhde sadevesijärjestelmään rankkasateiden tai pitkäkestoisesta sateesta syntyvien ongelmien välttämiseksi. Tämä ylivuotovesi voidaan esimerkiksi ohjata huleveden viivytykseen. Periaatteella voidaan vähentää kiinteistöllä syntyvää hulevesikuormaa kunnalliseen verkostoon ja pienentää puhtaan veden käyttämistä kasteluvetenä. (35.)

## **3.2 BREEAM-ympäristösertifiointi**

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) on Euroopassa merkittävin kestävästä kehitystä koskeva ympäristösertifioinnin arviointimenetelmä yleissuunnitteluhankkeille, infrastruktuurille ja rakennuksille. Se on kehitetty Iso-Britanniassa 1990-luvun alkupuolella, mikä on laajentunut maakohtaisesta sertifikaatista maailmanlaajuiseksi ilmiöksi. BREEAM-sertifiointijärjestelmä on antanut vaikutteita toisten maakohtaisten ympäristöluokituksien luontiin, soveltaen sitä kyseisen maan ympäristöolosuhteisiin, rakentamismääräyksiin ja standardeihin. BREEAM pohjautuu eurooppalaiseen normistoon, joten luokituksen mittareita voidaan soveltaa kansallisesti. Sertifikaattia voidaan hakea kaikille rakennustyypeille. Pakolliset vaatimukset koskevat enimmäkseen rakentamisajan toimenpiteitä ja dokumentointia. Sertifikaatin vaatimukset täyttyvät pääsääntöisesti noudattamalla Suomen lainsäädäntöä ja asetuksia. (16, s. 7; 40; 41.)

Sertifiointiprosessi jaetaan kahteen eri vaiheeseen. Aluksi tulee analysoida hankesuunnittelun toteuttamista kokonaisuudessaan. Jälkimmäisessä vaiheessa tarkastellaan valmistunutta rakennusta ja lopullista saavutettua kokonaispistemäärää. (42, s. 20.) Sertifikaatti sisältää useita kategorioita eri painoarvoineen. Ne esitetään kokonaisuudessaan taulukossa 8.

TAULUKKO 8. BREEAM-sertifikaatin arviointikategoriat ja niiden painoarvot ryhmittäin (42, s. 32)

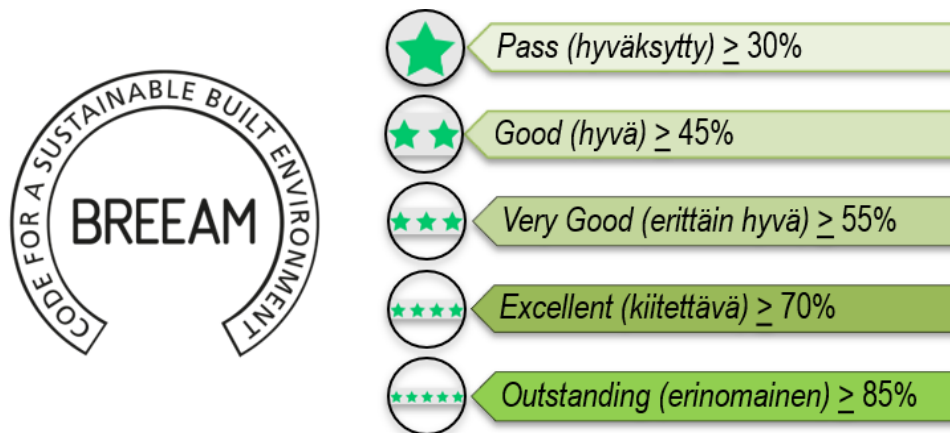


BREEAM pyrkii ylläpitämään laatua, luotettavuutta ja puolueettomuutta vaatimalla kattavaa rakennushankkeen dokumentaatiota. Toimenpiteillä varmistetaan kohteen oikeaoppinen toteutus sertifikaatin hyväksymällä tavalla. BREEAM-asessori eli paikallinen arvioitsija tarkastaa sertifikaatin vaatimusten täyttymiset, ja toimittaa dokumenttien todisteet BRE Globalille (Building Research Establishment). Arvioitsija toimii yhteyshenkilönä BRE:n ja rakennuttajan organisaation välillä, ja vastaa pääsääntöisesti vain yhden kohteen sertifiointista kerrallaan. Asessori arvioi rakennuskohteen lähtökohdan sekä määrittää sille asetetut tavoitteet tilaajan asettaman arvosanan saavuttamiseksi. Arvioitsijan tehtäviin kuuluu tarjota rakennushankkeen osapuolille riittävästi tietoa hankkeeseen vaadittavista toimenpiteistä ja laadittavista dokumenteista. Loppuaineiston tulee olla riittävän täsmällistä, jotta vältetään lisätietojen ja täydennysten toimittamiselta. BRE Global voi vaatia täydennyksiä, jos aineistossa on puutteita. Hyvin toteutetuilla ja täytetyillä asiakirjoilla voidaan todentaa useita sertifikaatin vaatimuksia kerralla, joten toteutustapa on kokonaisuudessaan suhteellisen joutava. (41; 42, s. 35–36, 39–42.)

Vaatimusten todentamisen jälkeen kohteelle saavutetaan lopullinen kokonaispistemäärä. Se tulee jakaa jokaisen sertifikaatin kategorian painotusarvojen perusteella. Tulokseksi saadaan prosentuaalinen osuus, joka vastaa sertifikaatista saavutettua arvosanaa. Innovaatioista saatavat pisteet lisätään vasta painotuskertoimilla laskettuun prosenttilukuun, minkä jälkeen määritetään lopullinen



prosentuaalinen arvosana. (42, s. 29.) Kuvassa 5 esitetään BREEAM-sertifikaatin prosentuaalisten osuuksien arvosanat.



KUVA 5. BREEAM-pisteytyksen arvosanat ja prosentuaaliset vaatimukset (42, s. 29)

Seuraavaksi opinnäytetyössä tutkitaan BREEAM International New Construction Version 6.0 -ympäristöluokitusta. Talotekniikan vaatimukset kohdistuvat projektinjohtamiseen, hyvinvointiin ja terveyteen, energiankäyttöön, vedenkäyttöön sekä saasteisiin.

### 3.2.1 Projektinjohtaminen

BREEAM keskittyy rakennustyömaan ja kiinteistön hallinnan toimenpiteisiin, joissa kiinnitetään huomiota asiakkaan esittämiin vaatimuksiin ja sertifikaatin kestävä kehityksen päämääriin. Osion tavoitteena on edistää projektin johtamistaitoja perehdyttämällä projektinvetäjiä vastuulliseen ja kestäväan hanketoimintaan sekä huomioimaan rakentamisen periaatteita ennen ehdotussuunnitteluvaiheen aloituspalaveria. Talotekniikkasuunnittelussa tulee huomioida tilaajan ja sertifikaatin asettamia tavoitteita liittyen energiaan, sisäilmaan, huoneolosuhteisiin sekä ympäristö- ja elinkaarinäkökulmiin. Kategoriassa on pakollisia ja valinnaisia vaatimuksia, joista voidaan saavuttaa enimmillään 20 pistettä. (41; 42, s. 43–50.)

### Elinkaarikustannukset

Sertifikaatin tavoitteena kasvattaa kiinteistön elinkaaren aikaista arvoa. Osion vaatimuksena tulee kiinteistöön toteuttaa suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon elinkaarikustannuslaskennat.

Laskennoilla pyritään edistämään rakennuksen taloudellisempaa kestävyyttä. Minimoimalla energiakustannuksia saadaan kiinteistölle järjestettyä maksimaalinen arvontuotto. (42, s. 51.)

Rakennukseen tulee toteuttaa LCC-laskenta (Life Cycle Cost) toteuttaminen, jos osioista tavoitellaan kahta hyvityspistettä. Sertifikaatti vaatii elementtikohtaisten rakennustuotteiden laskennan ja suunnitteluvaihtoehtojen arvioinnin toteutettavaksi ISO 15686-5:20084-standardin mukaisesti. Laskennan lisäksi tulee arvioida kiinteistön korjauskustannuksia riittävän pitkältä ajanjaksolta. Suunnittelijoiden vastuulla on toimittaa LCC-laskentaan riittävän kattavat tiedot kiinteistössä käytettävistä materiaaleista ja komponenteista. Yksi piste voidaan saavuttaa pelkästään komponenttitasoisesta LCC-laskennasta. Tähän vaaditaan tiedot rakennuksen vaipasta, ulkotiloista, sisätilojen pinnoitteista ja talotekniikan laitteistotiedot. (42, s. 51–55.)

### **Vastuulliset rakennuskäytännöt**

Rakennuskohteet tulee suunnitella ja rakentaa siten, että mahdolliset terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät riskit minimoidaan. Sertifikaatin vaatimuksena on noudattaa kansallisia terveys- ja turvallisuuslakeja. Tämä vaatii työturvallisuuslain noudattamista työmailla ja riittävän kattavaa työmaaraportointia. BREEAM vaatii huomioimaan työturvallisuuteen liittyviä näkökohtia jo suunnitteluvaiheesta lähtien aina kohteen luovutukseen saakka. (41; 42, s. 56–57.)

Kiinteistölle tulee laatia hulevesi- ja viemärintisuunnitelma. Siihen tulee merkitä selkeästi eri viemärikaivojen sijainnit sekä työmaa-aikaisten sadevesien kasaantumisalueet. Suunnitelman perusteella voidaan arvioida mahdollisimman tarkasti tontin riskialueita. Selvityksellä pyritään minimoimaan viemärintijärjestelmien haitallisia vaikutuksia kiinteistön alueella. Rakentamisen aikaista pölyn- ja kosteudenhallintaa tulee myös pyrkiä minimoimaan. Tällöin tulee huolehtia riittävän kattavasta komponenttien suojaamisesta ja varastoinnista. Talotekniikkasuunnittelijoilla tulee lisätä suunnittelualakohtaisiin työselostuksiin muun muassa mainintoja turvallisen rakentamisen toteutustavoista ja komponenttien oikeaoppisesta varastoinnista. (41; 42, s. 56–60.)

Hankkeelle tulee määrittää puolueeton valvoja. Henkilöllä tulee varmistaa säädösten noudattamiset työmaalla, ja tehdä erilaisia tarkastuksia rakennukseen eri työvaiheiden aikana. Tarkastuksista tulee koostaa erilliset raportit projektitietokantaan. Tavoiteltaessa työmaatoiminnan säännöllisestä seurannasta hyvityspistettä, tulee työmaan veden- ja energiankulutusta seurata vähintään kuukausitasolla. Energiankulutuksen seurannassa tulee myös määrittää rakentamisvaiheen

hiilidioksidipäästötasot hyödyntämällä laskennassa BREEAM Assesment Scoring and Reporting -työkalua. Vedenkulutuksen seuranta työmaalla on kohtuullisen yksinkertaista. Energiankulutuksen seurannassa tulee työmaalle järjestää riittävästi sähkökulutuksen mittareita. Dokumentointia voidaan joko toteuttaa kirjallisesti tai sähköisesti, ja ne tulee myös esittää kohteen valvojalle. (42, s. 57–60.)

### **Luovutus ja käyttöönotto**

Rakennushankkeen luovutuksen ja käyttöönoton toimenpiteistä voidaan saavuttaa enimmillään neljä hyvityspistettä. Sertifikaatti vaatii kaikkien rakennuksen taloteknisten järjestelmien testausta. Ensimmäinen vaatimus täytetään laatimalla toimintakokeiden suunnittelu-aikataulut sekä luovutusvaiheen aikataulut. Aikataulujen tulee sisältää kaikkien teknillisten järjestelmien ja ohjausjärjestelmien testaukset, säädöt sekä rakennuksen ilmatiiveyden mittaukset, joista pääurakoitsija vastaa urakkasopimuksen mukaisesti. Toimintakokeiden yhteydessä ilmaantuviin vikatilanteisiin tulee muistaa varata riittävästi aikaa, jotta tarvittavat korjaustoimenpiteet saadaan toteutettua aikataulujen puitteissa. Toimintakokeista tulee laatia kirjallinen suunnitelma, johon kirjataan kohteen järjestelmätiedot sekä kaikki ne standardit, joiden pohjalta toimintakokeet toteutetaan. Kaikkien järjestelmien toimivuus tulee varmistaa ja dokumentoida ennen rakennushankkeen luovutusta asiakkaalle. Talotekniikan suunnittelijoilla tulee huolehtia, että toimintakokeiden toteutusmenetelmät löytyvät kirjattuina kohteen työ- ja järjestelmäselostuksiin. (41; 42, s. 66–73.)

Kohteeseen tulee määrittää talotekniikan vastuuhenkilö, joka vastaa teknillisten järjestelmien toimivuuden varmistuksesta ja tarkastuksesta aina toimintakokeiden loppuun saakka. Vastuuhenkilölle tulee toimittaa muun muassa suunnitteluvaiheen pöytäkirjat, suunnitelmat, työmaa-aikaiset dokumentoinnit, muutostyöt sekä mittaus- ja säätöpöytäkirjat, mitkä lisätään myös järjestelmätietokantaan. Vastaava henkilö voi olla tilaajan järjestämä valvoja tai rakennuttajan järjestämä riittävän pätevyyden omaava valvoja. (41; 42, s. 66–73.)

Energiatehokkailta rakennuksilta vaaditaan hyvää ilmatiiveyttä. BREEAM-sertifikaatti hyväksyy rakennuksen lämpökuvaukset ja tiiveysmittaukset ilmatiiveyden tarkastamiseen. Kaikki tiiveysmittauksissa ja lämpökuvauksissa havaitut tiiveyden ongelmat tulee korjata. Korjaustoimenpiteistä tulee laatia dokumentoinnit sertifikaatin järjestelmään. Ilmatiiveysmittaus tulee toteuttaa kansainvälisen ISO 9972:2015-standardin mukaisesti, ja siitä on laadittava kirjallinen dokumentti. Ilmatiiveysmittauksen toteuttajalla tulee olla riittävä pätevyys, ja hänen tulee toimittaa ansioluettelonsa

BREEAM-asessorille. Suomessa pätevyys voidaan osoittaa Eurofins Expert Servicen myöntämällä pätevyysdokumentilla. (41; 42, s. 67–73.)

Kiinteistön asukkaille ja henkilökunnalle tulee luovuttaa huoneisto- ja kiinteistökohtaiset huoltokirjat sekä käyttöönotto-opas. Käyttäjille tulee järjestää käytönopastukset ennen rakennuskohteen luovutusta. Käytönopastuksen tarkoituksena on käydä läpi rakennuksen järjestelmien oikeaoppinen käyttö, ja kiinnittää erityishuomiota kiinteistössä sijaitsevien vaativien teknillisten laitteiden toimintaan. Koulutuksessa tulee käydä läpi rakennusautomaation ja ohjausjärjestelmien toiminnot sekä esittää ylläpidon vastualueet. Ylläpidosta vastaavien henkilöiden yhteyshenkilöt tulee toimittaa kiinteistön käyttäjille. Työselostuksiin yleensä kirjataan varattavaksi vähintään yksi päivä käytönopastuksia varten. Kaikilta osallistuvilta henkilöiltä tulee pyytää kirjalliset kuittaukset käytönopastukseen osallistumisesta. (41; 42, s. 67–73.)

## **Ylläpito ja huolto**

Luovutusvaiheen jälkeen kiinteistön kulutustietoja tulee seurata tiiviisti. Niitä tulee verrata suunnitelmissa esitettyihin kulutusarvoihin. Tietojen poiketessa merkittävästi toisistaan, tulee selvittää mistä kyseinen ero johtuu. Mikäli vedenkulutus on huomattavasti suurempi kuin suunnitelmissa on esitetty, tulee tällöin tarkistaa sisältävätkö saniteettikalusteet niihin kuuluvat virtaamarajoittimet. (42, s. 74–80.)

Takuuajan ylläpidosta ja säätötöistä voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Järjestelmät tulee tällöin testata maksimikuormituksella mahdollisissa ääriolosuhteissa. Esimerkiksi kiinteistön lämmityksen toimintaa tulee testata kylmimpien talviolosuhteiden aikaan. Sertifikaatissa vaaditaan kiinteistön käyttäjiltä erillisen kyselylomakkeen täyttämistä. Lomakkeeseen tulee täyttää kiinteistöön liittyviä huomioita, puutteita ja toiveita. Tavallisesti käyttäjäkyselyjen vastaukset liittyvät ilmanvaihdon aiheuttamaan vedon tunteeseen, ilmanvaihdon riittämättömyyteen, ääniongelmiin, valaistukseen sekä lämmitystä ja jäähdytystä koskeviin puutteisiin. Kyselyiden pohjalta tulee kiinteistöön toteuttaa kaikki tarpeelliset tutkimukset ja toimenpiteet, jotta kyselyissä ilmaantuneet häiriöt voidaan korjata tai minimoida. BREEAM vaatii takuuajan korjaustoimenpiteiden aikataulukon, mittauspöytäkirjojen ja kyselytuloksien toimittamista tietokantaan. Kyselyt voidaan toteuttaa myös kolmannen osapuolen kautta, jolloin saavutetaan yksi hyvityspiste. Osapuolen tulee olla täysin sitoutumaton rakennushankkeeseen. (42, s. 74–80.)

### 3.2.2 Terveys ja hyvinvointi

BREEAM pyrkii vaikuttamaan kiinteistön käyttäjien terveyteen, hyvinvointiin sekä rakennuksen käyttömukavuuteen, kestävyteen ja turvallisuuteen. Kategoriassa kiinnitetään huomiota rakentamisen ja sitä edeltävän suunnittelun ratkaisuihin sekä toimenpiteisiin. (42, s. 32, 81.) Seuraavissa osioissa käydään läpi talotekniikan vaatimuksia, jotka kohdistuvat muun muassa sisäilman laatuun, materiaalipäästöihin, lämpöviihtyvyyteen, vedenlaatuun, akustiikkaan ja visuaaliseen viihtyvyyteen.

#### Visuaalinen viihtyvyys

Talotekniset huomiot kohdistuvat visuaalisessa viihtyvyydessä valaistussuunnitteluun sekä siihen vaikuttaviin arkkitehtuurisiin ja rakenteellisiin toteutuksiin. Kaikki rakennuksen loisteputki- ja pienloistelamput tulee varustaa korkeataajuusliitäntälaitteilla. Nykypäivän sähköiset liitäntälaitteet ovat hiljaisia, luotettavia, energiatehokkaita sekä säädettäviä ja tuottavat vähemmän lämpöenergiahuokkaa ympäristöön kuin perinteiset liitäntälaitteet. Rakennuksissa käytetään nykyään pääsääntöisesti enemmän LED-valaisimia, sillä ne kuluttavat vähän energiaa ja niiden käyttöikä on muita valaisintyyppejä pidempi. (41; 42, s. 83.)

Päivänvalon saanti tulee järjestää rakennukseen kansallisesti parhaita rakennuskäytäntöjä noudattaen keskimääräisten päivänvalokertoimien tai luminanssiarvojen mukaisesti. Kyseiset arvot on ilmoitettu BREEAM International New Construction Version 6.0 sivuilla 84–87. Päivänvalon saanti tulee varmistaa keittiöihin, olo- ja työhuoneisiin sekä muihin säännöllisesti käytettävissä oleviin tiloihin, myös pilvisinä päivinä. Hyvityspisteitä voidaan saavuttaa valonhäikäisyn hallinnasta, sisä- ja ulkovalaistuksen laadukkaasta toteutuksesta sekä niiden ohjauksista. Häikäisyn vähentämiseksi ikkunat voidaan varustaa esimerkiksi sälekaihtimin tai erillisellä ohjausjärjestelmällä, joka maksimoi päivänvalon saannin tiloihin estäen liiallisen häikäisyn työpisteille. Tilanteessa tulee huomioida, ettei järjestelmä ole ristiriidassa muun valaistuksen ohjausjärjestelmän kanssa. (41; 42, s. 83–87.)

Sisä- ja ulkovalaistukset tulee suunnitella ja toteuttaa kansallisten säädösten mukaisesti noudattamalla hyvää rakennustapaa sekä täyttämällä BREEAM-sertifikaatissa ilmoitetut valaistusarvot. Kiinteistön huonetiloihin tulee toteuttaa DIALux-valaistussuunnitelma, jolla tulee todentaa riittävien valaistusvoimakkuuksien saavuttamiset huonetilatyyppin mukaisesti. Suunnittelijalla tulee todentaa kirjallisella lausunnolla, ettei valonhäikäisynraja-arvot ylitä kansallisesti määriteltyjä arvoja

kiinteistön huonetiloissa. Vaatimuksen täyttäminen vaatii yleensä suunnittelijalta tarkempaa valaisintyyppin valintaa. Käyttäjille tulee myös järjestää mahdollisuudet valaistuksen säätämiseen, jotta tiloissa oleskelevien henkilöiden viihtyvyys saadaan pidettyä riittävän korkealla tasolla. Ulkovalaistus tulee toteuttaa EN 13201- ja EN 12464-2:2014-standardien mukaisesti, jos kansallisesti ei ole määritetty toisia ohjeita tai säädöksiä noudatettavaksi. (41; 42, s. 88–89.)

## **Sisäilman laatu**

Ympäristöluokituksen tavoitteena on minimoida ilmassa olevia epäpuhtauksia sekä varmistaa kiinteistön viihtyisyyttä, turvallisuutta ja terveellisuutta. Osion ensimmäinen hyvityspiste ansaitaan toteuttamalla sisäilman laadunhallintasuunnitelma. Suunnitelmalla pyritään minimoimaan epäpuhtauslähteiden määrää rakennuksen suunnittelun, rakentamisen ja käyttöönoton yhteydessä. Suunnitelmaan tulee sisällyttää epäpuhtauslähteiden poistamista, laimentamista ja niiden hallinnan menetelmiä sekä erilaisia ylläpitäviä toimenpiteitä, joita voidaan hyödyntää rakennuksen käyttöaikana. Kiinteistöön tulee toteuttaa riittävästi talotekniikan toimintakokeita, ennen kuin rakennus huuhdellaan ja käyttöönotetaan. (42, s. 98.)

Ilmanvaihtosuunnittelijalla tulee todeta kirjallisella dokumentilla rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmien olevan suunniteltu parhaiden kansallisten toteutusperiaatteiden mukaisesti. Suunnitelmissa tulee ilmetä epäpuhtauksien leviämisen estämistä ja mainita, että ulkoilmanottoaukot sijaitsevat riittävän etäällä epäpuhtauslähteistä. Huomiota tulee kiinnittää etenkin ulkoilmanoton ja ulospuhalluksien välisiin etäisyyksiin. Päätelaitteiden etäisyyksien tulee olla vaakasuoraan mitattuna yli kymmenen metriä. Tilanteessa tulee ottaa huomioon myös muut epäpuhtauslähteet, jos ei erikseen noudateta EN 13779:2007-standardissa ilmoitettuja etäisyyksiä ja toimenpiteitä. Ulkoilmanotot tulee myös varustaa ilmansuodattimilla EN 13779:2007 osan A3 vaatimuksen mukaisesti. (42, s. 98–99.)

Rakennukset, jotka sisältävät paljon vaihtelevaa käyttökuormitusta tulee varustaa hiilidioksidimittareilla tai ilmanlaadun tunnistamiseen käytettävillä mittareilla. Tilojen ilmanvaihto tulee toteuttaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla hyödyntämällä esimerkiksi ilmamääräsäätisiä laitteita. Painovoimaisesti toimivissa tiloissa tulee huonetila-antureiden varoittaa tilan käyttäjiä, kun tilan ilmanlaatu ja päästötasot kohoavat yli sille määritetyn asetusarvon. Ikkunoita ja kattoluukkuja voidaan tällöin pyrkiä avaamaan automaation toimesta, jotta huonetilan ilmanlaatua voidaan parantaa.

Tilanteessa tulee kuitenkin huomioida, ettei tilan lämpöviihtyvyys heikkene liikaa ja tilan koneellinen poisto ei häiriinny merkittävästi. (42, s. 99, 106.)

Sisäilmaan haihtuu rakennuksen materiaaleista orgaanisia yhdisteitä, joita kutsutaan myös VOC-päästöiksi (Volatile Organic Compounds). Yleensä päästöjä syntyy, kun rakenteisiin jäävä kosteus pääsee reagoimaan eri materiaalien tai päällysteiden kanssa ja tilan ilmanvaihto on riittämätöntä. Yhdisteet ovat huonelämpötilassa usein kaasumaisessa olotilassa. Niitä on erityisen paljon maa-leissa ja liimoissa. VOC-päästöjä ilmaantuu vanhoissa sekä uusissa rakennuksissa, ja ne aiheuttavat merkittäviä sisäilmaongelmia rakennuksiin. Suuret VOC-pitoisuudet aiheuttavat muun muassa silmien ja limakalvojen ärsyyntymistä tilassa oleskeleville henkilöille. (42, s. 98–99; 43.)

BREEAM pyrkii hillitsemään VOC-päästöjä rakennuksen työmaavaiheen loppupuoliskolla toteutettavilla mittauksilla. Mittauksissa tarkastellaan VOC-pitoisuudet ja formaldehydin määrät rakennuksen sisäilmassa. VOC-pitoisuuden keskiarvo ei saa nousta yli 300 g/m<sup>3</sup>:n kahdeksan tunnin mittausjakson aikana ja formaldehydiarvot eivät saa ylittää 100 µg/m<sup>3</sup>:n keskiarvoa 30 minuutin aikana. Mittaukset ja analysoinnit tulee toteuttaa ISO 16000 -standardin mukaisesti. (42, s. 98–99; 43.) Sertifikaatti kieltää asbestin käytön rakennuksessa, minkä käyttö on kielletty myös Suomen lainsäädännössä (41; 42, s. 98).

## **Lämpömukavuus**

Sertifikaatin tavoitteena on taata hyvät lämpöolosuhteet rakennuksen sisätiloihin. Rakennuksen käyttäjille tulee järjestää mahdollisuudet huonelämpötilojen säätämiseen. Osion hyvityspisteitä tavoiteltaessa tulee lämpöolosuhteissa täyttää ISO 7730:2005-standardin B-tason vaatimukset. Toteutus vaatii rakennuksen lämpötilamallinnuksen toteuttamista ja operatiivisten lämpötilojen tarkasteluja huonetiloihin. Operatiivisissa lämpötiloissa tulee pyrkiä sisäilmastoluokituksen S2- tai S1-tasoisissa ilmoitettuihin arvoihin. Sisäilmastoluokituksen operatiiviseen lämpötilojen tarkasteluun perehdytään tarkemmin RTS-ympäristöluokituksen yhteydessä. Lvi-suunnittelijalla täytyy tarkastaa rakennuksen tilakohtaiset ilmamäärät sekä jäähdytyksen tarpeellisuudet simulointitulosten perusteella. Ratkaisuissa on hyvä kiinnittää huomiota myös ilmanvaihdon ohjausmenetelmiin sekä huoneantureiden tarpeellisuuteen, jotta voidaan varmistaa hyvää sisäilman laatua ja lämpömukavuutta huonetiloihin. (41; 42, s. 114–119; 44.)

Tilojen lämpömukavuuksien takaamiseksi kohteelle voidaan toteuttaa ilmastonmuutoksen simulointi 15 vuoden ajalle. Kohteessa tulee tällöin olla koneellinen ilmanvaihto. Simuloinnissa tulee hyödyntää paikallista arvioivaa säädataa. Painovoimaisesta ilmanvaihdosta tulee vastaavasti toteuttaa 50 vuoden simulointi. Laskentatulosten perusteella rakennukseen tulee järjestää tarvittavia rakenteellisia ja teknillisiä toimenpiteitä, joilla mahdollistetaan rakennuksen muunneltavuutta käyttäjien viihtyvyyden parantamiseksi myöhemmin. (42, s. 119.)

Maksimipisteiden saavuttamiseksi tulee rakennukselle toteuttaa lämpötilamallinnusanalyysi sekä määrittää talotekniikkaan kohdistuvat säätötöiden toimenpiteet, joiden avulla täytetään sertifikaatin lämpöviihtyvyyden ja lämpötilamallinnuksen arvot. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä koskevissa ohjauksen periaatteissa tulee vähintään ottaa huomioon:

- talotekniikan tehokkaat jäähdytys- ja lämmitystoimet rakennuksen eri vyöhykkeillä
- vyöhykkeiden ja tilojen ohjauslaitteet sekä käyttäjien säätömahdollisuudet
  - tarpeenmukainen ohjaus ja valvonta
  - käsikäyttöiset järjestelmien ohituslaitteet
- taloteknisten laitteiden perehdytys käyttäjälle
  - järjestelmien oikeaoppinen käyttö
  - käyttäjän omat odotukset järjestelmien hallinnasta
- eri järjestelmien vuorovaikutukset keskenään ja vaikutukset lämpöviihtyvyyteen.

Tilanteessa täytyy lisäksi huomioida, ettei lämmitystä ja jäähdytystä tapahdu samanaikaisesti huonetilaan. Automaation ohjaukset ovat merkittävässä roolissa ongelmatilanteiden välttämässä. (41; 42, s. 114–119.)

## **Akustiikka**

Talotekniikan akustiikassa suurin huomio kiinnittyy laitteiden aiheuttamaan taustameluun. Eri laitteiden aiheuttamaa melua voidaan rajoittaa asentamalla huonetiloihin akustiikkalevyjä ja varustamalla laitteita tärinänvaimentimilla. Kaikki ilmanvaihtokoneet tulee myös varustaa riittävällä määrällä äänenvaimentimia, jotta huonetilan äänitasot eivät nouse yli niille asetettujen raja-arvojen. Ilmanvaihtosuunnittelijalla tulee huomioida laitteistojen mitoituksia tehdessään, etteivät ne ääniteknisesti aiheuta jatkuvaa meluhaittaa kiinteistössä oleskeleville henkilöille. (42, s. 120–132.)

Huonetiloihin tulee toteuttaa kaikki tarpeelliset äänimittaukset ennen kohteen luovutusta. Kaikki havaitut virheet tulee korjata, jos mitatut arvot eivät pysy kansallisten suositusten mukaisissa



rajoissa. Mittaukset tulee toteuttaa EN-ISO 140-4:1998-standardin mukaisesti. Äänimittausraportit korjaustoimenpiteineen tulee toimittaa arvioitsijalle. Äänimittauksien toteuttajalla täytyy olla riittävä pätevyys. Pätevyysvaatimukset tulee toimittaa asessorin tarkasteltavaksi. Osioista voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste toteuttamalla rakenteelliset äänimittaukset ja jälkikaiunta-aikojen tarkastelut kansallisten hyvien käytäntöjen mukaisesti. Mikäli rakennuksessa oleviin tilatyyppeihin ei ole määritetty kansallisten rakennusmääräyksien mukaisia tai hyvien käytäntöjen mukaisia äänitasoja, voidaan tällöin hyödyntää BREEAM-sertifikaatin äänitasojen arvoja. (42, s. 120–132.) Kyseiset arvot esitetään taulukossa 9. Suomen ympäristöministeriön asettamat ohjearvot äänitasoista esitettiin LEED-sertifikaatin akustiikan osiossa sivulla 46.

*TAULUKKO 9. Talotekniikan melurajoja BREEAM-luokituksessa (42, s. 122)*

Huonetyyppi	dB LAeqT
Yleiset tilat (henkilökunnan tilat, WC-tilat)	≤ 40
Yhden hengen toimistot	≤ 40
Usean henkilön toimistot	40-50
Kokoustilat	35-40
Vastaanottotilat	40-50
Puhetta varten suunnitellut tilat, esim. opetus-, seminaari- tai luentotilat	≤ 35
Konserttisali, teatteri tai auditorio	≤ 30
Epäviralliset kahvila- tai ruokailutilat	≤ 50
Suurkeittiöt	≤ 50
Ravintolatilat	40-55
Baarit	40-45
Vähittäiskaupan alueet	50-55
Käsityöpajat	≤ 55
Äänitysstudiot	≤ 30
Laboratoriot	≤ 40
Urheiluhallit tai uimahallit	≤ 55
Kirjastotilat	40-50
Hotellihuoneet	< 35

## Vedenlaatu

Riittävän veden laadun varmistamiseksi ympäristöluokitus vaatii kiinteistöjen vedenjakelujärjestelmien suunnittelua kansallisten määräysten mukaiseksi. Tavoitteella pyritään varmistamaan, ettei legionella-bakteeri pääse leviämään ja kehittymään kiinteistön vesijohtoverkostossa. BREEAM vaatii lämpimän käyttöveden lämpötilaa riittävän korkeaksi, jotta kyseiset riskit voidaan minimoida. Brittiläisen ohjeistuksen mukaisesti lämpimän käyttöveden lämpötilan tulee olla vähintään 60 °C. Tämä on hieman korkeampi arvo kuin Suomen lainsäädännössä on kirjattu, jolloin lvi-

suunnittelijalla tulee huomioida laitteiston mitoituksissa riittävä tehontuotto lämpimään käyttöveeseen. Rakennushankkeesta riippuen tulee kaikki kontaminaation riskit pyrkiä minimoimaan mahdollisimman tehokkaasti. (41; 42, s. 144–147.)

Rakennettavaan kiinteistöön tulee järjestää riittävästi juomavesipisteitä. Esimerkiksi toimistorakennuksien kaikissa tauko- ja keittiötiloissa tulee olla oma juomavesipiste. Lisäksi jokaisessa kerroksessa tulee sijaita vähintään yksi vesipiste, joka on tarkoitettu vain kyseiseen käyttöön. Osion toinen hyvityspiste on saavutettavissa, jos kiinteistössä tarvitsee käyttää erillistä ilmanvaihdon kustutusjärjestelmää. Tällöin kyseinen järjestelmä tulee varustaa vähintään vikasetotilalla. (42, s. 144–147.)

### **3.2.3 Energiankäyttö**

Sertifikaatti kannustaa energiatehokkaiden rakenneratkaisujen, järjestelmien ja laitteiden määrityksiin sekä kiinnittämään huomiota energiatehokkaisiin suunnittelutoimenpiteisiin. Tämän kategorian tarkoituksena on luoda kiinteistöön tehokasta energian kestävästä käyttöä, hallintaa ja seurantaa. Osioissa tarkastellaan muun muassa rakennuksen energiatehokkuuden parantamista, hiilidioksidipäästöjen vähentämistä ja rakennuksen elinkaaren optimoimista. Suurin osa vaikutuksista kohdistuu suunnitteluvaiheen toimenpiteisiin. (42, s. 148.)

#### **Energiankäyttö ja hiilidioksidipäästöt**

BREEAM pyrkii edistämään sellaisia suunnittelutoimenpiteitä, joilla voidaan vähentää rakennusten energiankulutusta ja siihen liittyviä hiilidioksidipäästöjä. Sertifikaatti vaatii vertaamaan suunnitteluratkaisujen mukaista energiankulutusta määräysten mukaisiin arvoihin. Hyödyntämällä rakennuksen suunnittelussa sopivaa energianlaskentaohjelmistoa, voidaan ansaita maksimissaan 13 hyvityspistettä. Kohteen energiasimulointi toteutetaan kansallisten rakennusmääräysten mukaisesti. Saatujen simulointitulosten perusteella voidaan tehdä maakohtaisia vertailuja EPR<sub>INC</sub>-luvun avulla (Energy Performance Ratio for International New Construction). Suunniteltavaa rakennusta siis verrataan tässä ratkaisussa vastaavanlaiseen teoreettiseen rakennukseen, minkä tarkat määritelmät on esitetty BREEAM-sertifikaatin dokumenteissa. (42, s. 150–151, 157–159.)

Energialaskelmasta täytyy koostaa erillinen raportti, joka sisältää laskentatulosten lisäksi vähintään energialaskijan pätevyystodistuksen sekä käytetyn laskenta- ja simulointiohjelmiston tiedot. Raportti tulee toimittaa BREEAM-asessorille tarkasteltavaksi. Taulukossa 10 esitetään energiasimuloinnista saatavat pisteet kohteeseen lasketusta  $EPR_{INC}$ -luvusta. Kyseisessä laskentamenetelmässä tulee myös huomioida mallinnettuun rakennukseen kolme suorituskykymittaria. Nämä suorituskykymittarit ovat

- rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergiantarve  $MJ/m^2$
- rakennuksen primäärienergiankulutus  $kWh/m^2$
- hiilidioksidipäästöt  $kg\ CO_2/m^2$ . (42, s. 150–151, 157–159.)

TAULUKKO 10. BREEAM pisteet verrattuna  $EPR_{INC}$ -lukuun (42, s. 150–151)

Pisteet	$EPR_{INC}$
1	0,1
2	0,2
3	0,3
4	0,4
5	0,5
6	0,6
7	0,7
8	0,8
9	0,9

Energialaskennan vaihtoehtoisena toimenpiteenä voidaan käyttää BREEAM-sertifikaatin tarkastuslistaa A5. Kyseistä tarkastuslistaa käyttämällä voidaan saavuttaa enintään neljä hyvityspistettä. Listan täydentämiseen ja tarkastelutoimenpiteiden toteuttamiseen vaaditaan pätevää energiamallinnuksen suunnittelijaa. Operatiivisen energiankulutuksen ennustamisella on myös mahdollista saavuttaa neljää hyvityspistettä. Tällöin tulee jo hankesuunnitteluvaiheessa pyrkiä energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Hankevaiheen suunnitelmien pohjalta luotua energiamallia tulee päivittää uudestaan varsinaisen suunnitteluvaiheen ja rakentamisvaiheen aikana. Näin ollen mallinnuksesta voidaan tarkastaa ennustettuja ja toteutuneita energiankulutustietoja. Laskennan tuloksista koostetaan erillinen raportti, johon teetätetään myös rakennuskohteen riskien arvioinnit. Tällä pyritään huomioimaan kaikki merkittävimmät suunnitteluun, tekniikkaan ja rakentamiseen liittyvät vaarat. (42, s. 150–151.)

Energiapositiivisesta rakennuksesta voidaan saavuttaa enintään kolme hyvityspistettä. Tällöin rakennus täytyy mallintaa aikaisemmin esitettyjen mallinnusperiaatteiden mukaisesti. Mallinnuksen täytyy osoittaa rakennuksen olevan energiapositiivinen kokonaisuus. Rakennuksen energiantuotto tulee toteuttaa kiinteistön alueella tai se täytyy hankkia vähäpäästöisestä energiateknologian

lähteestä. Suunnittelijoilta vaaditaan simulointi-, laskentaraippottien ja asiakirjojen tulosteita. Assessori voi näillä tiedoilla todentaa, että mallinnuksessa on käytetty rakennuksen lähtötietoja ja käytetty mallinnusohjelmisto on vaatimusten mukainen. (42, s. 152.)

Kaikkissa rakennuksissa tulee pyrkiä minimoimaan aktiivisten talotekniikkajärjestelmien käyttöä. Hyödyntämällä passiivisia toimenpiteitä mahdollisimman tehokkaasti saavutetaan energiaystävällisempi rakennus. Kiinteistön päästöjä tai energiankulutusta tulee vähentää vähintään 5–10 % passiivisilla keinoilla. Tämän lisäksi kiinteistöön tulee toteuttaa LZC-analyysi (Low or Zero Carbon) LCA-elinkaarianalyysin (Life Cycle Assessment) pohjalta, jotta voidaan selvittää järjestelmän hiilivaikutukset. Analyysin laskijalta vaaditaan riittävää pätevyyttä. (42, s. 152, 155, 159.)

## **Energian seuranta**

BREEAM vaatii toteutettavaksi laitteistojen energiamittauksia. Järjestelmien alamittauksista, automatiikkaan tai erilliseen energianseurantajärjestelmään liittämistä voidaan saavuttaa hyvityspisteitä. Mittareiden tulee olla pulssilähtöisiä tai muun avoimen tietoliikennelähtöisen protokollan mukaisia, kuten varustettuna Modbus-lähdöillä. Alamittauksia vaaditaan toteutettavaksi kaikkiin sellaisiin järjestelmiin, joiden energiankulutus on vähintään 90 % rakennuksen energiankulutuksesta. Kyseisiä järjestelmiä voivat olla esimerkiksi:

- tilojen lämmitys
- sähkön kulutus
- lämpimän käyttöveden lämmitys
- kostutus
- jäähdytys
- ilmanvaihto
- pumput
- valaistus
- pienteholaitteet
- uusiutuvat tai vähähiiliset järjestelmät
- ohjauslaitteet
- muut merkittävät energiaa kuluttavat järjestelmät tai laitokset. (41; 42, s. 165–174.)

Alamittaukset tulee järjestää kaikille sellaisille energiaa kuluttaville järjestelmille, joiden bruttopinta-  
alat ylittävät tuhannen neliömetrin rajan. Tätä neliömäärää pienempien rakennusten energiankulu-  
tuksien seuranta tulee toteuttaa pulssikäyttöisillä energiamittareilla tai muilla avoimen protokollan  
tiedonsiirroilla. Seuranta- ja hallintajärjestelmän hyödyntäminen on sallittua, jos erillisiä mittareita  
ei haluta asentaa. Toteutus tulee hyväksyttävä arvioitsijalla ennen toteuttamista. (42, s. 165–166.)

Energiankulutuksen tiedot tulee tuoda selkeästi esille kiinteistön käyttäjille. Tilanteessa voidaan  
hyödyntää esimerkiksi erillisiä näyttölaitteita kulutustietojen esittämiseen. Mittareiden tulee sijaita  
helposti käsiksi pääsevissä paikoissa, jotta säännöllinen seuranta ja huolto on helppoa. Asuinra-  
kennuksissa pisteytyksen vaatimuksena on järjestää kuluttajille erillisnäytöt, jotka ilmoittavat säh-  
kön tai muun pääsääntöisen energianlähteen kulutustiedot kuluttajalle. Järjestämällä molemmat  
tiedot kuluttajan saataville saavutetaan toinen hyvityspiste. Tällöin vaaditaan esitettäväksi myös  
lämmitykseen ja jäähdytykseen käytettävien energioiden osuudet, jos energiantuotto on pääsään-  
töisesti toteutettu sähkön avulla. Energianäyttölaitteelta tulee nähdä vähintään seuraavat tiedot:

- paikallinen aika
- reaaliaikainen energiankulutus; kW & kWh
- reaaliaikaiset päästöarviot; g/kg CO<sub>2</sub>
- nykyiset hintatiedot
- kustannustiedot yhden tunnin mittauksena
- visuaaliset kulutustiedot
- aikaisemmat kulutustiedot
  - sisällytettävä kumulatiiviset kulutustiedot päivä-, viikko- tai kuukausijaksoina
  - tietojen tallennus vähintään kahdeksi vuodeksi laitteeseen tai erilliseen laitteis-  
toon, jossa on automaattinen yhteys energiannäyttölaitteeseen.

Talotekniikkasuunnittelijoilla tulee tehdä riittävää yhteistyötä keskenään, jotta rakennukseen mää-  
ritetään sinne soveltuvat energiamittarit ja seurantajärjestelmät. Mittareista tulee myös kerätä riit-  
tävät dokumentaatiot sertifikaatin tietokantaan ja suunnitelmiin. (41; 42, s. 165–174.)

## **Ulkovalaistus**

Ulkovalaisimien valinnassa halutaan varmistua riittävästä valaistusvoimakkuudesta ja sen ohjaa-  
misesta. Valaistuksen tehokkuuden täytyy olla vähintään 70 lm/W (lumen). Ohjauksessa voidaan  
hyödyntää esimerkiksi ajastintoimintoa tai päivänvalosensoreita, jotta turhaa valojen käyttöä ei

tapahdu päivänvalon aikaan. Osion hyvityspiste voidaan saavuttaa myös, jos rakennuskohteeseen ei tarvitse järjestää erikseen ulkovalaistusta. Valaistussuunnittelussa tulee huomioida sopivien valonlähteiden valinnat pihamaalle. (42, s. 175–177.)

Valosaasteen hallitsemiseksi tulee sähkösuunnittelussa toteuttaa ulkovalaistus siten, että se voidaan kytkeä pois päältä 23.00–07.00 väliseksi ajaksi. Turvavalauksen voimakkuutta tulee laskea pimeään aikaan pienemmälle. Hankkeilla tulee täyttää CIE 150-2003 -standardin kohdan 2.7 vaatimukset ja CIE 126-1997 -standardin ulkoisen valaistuksen raja-arvot, jotka on esitetty kattavasti standardin taulukossa 2. Turvavalauksessa tulee noudattaa CIE 150-2003 ja CIE 126-1997 -standardien suosituksia pimeään aikaan. (42, s. 175–177.)

### **Energiatehokkaat laitteet**

BREEAM suosittelee energiatehokkaiden laitteiden käyttämistä kiinteistöissä. Tämä vähentää energiankulutusta ja tuo säästöjä rakennuksen käyttäjille. Tästä osiosta voidaan saavuttaa enintään kaksi hyvityspistettä. Vaatimuksena on määrittää tyyppilisten laitteiden vuosittainen energiankulutus ja verrata sitä energiatehokkaampien laitteiden vuosittaiseen kulutukseen. Tästä tulee toteuttaa riittävä vertailudokumentti. Jos kiinteistö toimii asuinrakennuksena, vaaditaan kotitalouskäyttöön tarkoitetuilta laitteilta vähintään seuraavia energialuokkia:

- jääkaapit, pakastimet: E-luokka
- pesukoneet: B-luokka
- astianpesukoneet: D-luokka
- pesukoneet ja kuivausrummut: D-luokka
- ilmastointilaitteet: B-luokka. (42, s. 204–209.)

### **Kysyntäjousto**

BREEAM pyrkii vähentämään hiilipäästöjen osuutta suosimalla uusiutuvia energialähteitä ja sähkön kysyntäjoustoa. Osista voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Rakennukseen tulee asentaa vähintään yksi älylaite tai vastaavasti älykkäästi toimiva ohjausjärjestelmä, mikä kykenee muuttamaan laitteiston tai järjestelmän toimintaa sähköntoimittajan tietojen perusteella. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä voidaan muuttaa kiinteistön sähkö- tai lämminvesivarastojen lataus- tai purkautumisjaksoja sähköntoimittajien signaalien perusteella. Energian varastoinniksi sertifikaatti mainitsee

esimerkiksi sähköautojen latauspisteet, akkuvarastot ja nesteytetyn ilman varastointijärjestelmät. (42, s. 211–213.)

### **3.2.4 Liikennöinti**

Tavoitteena on rohkaista ihmisiä päästöttömiin tai vähäpäästöisiin liikkumistapoihin julkisilla ja yksityisillä ajoneuvoilla. Sertifikaatti pyrkii järjestämään kiinteistön alueelle riittävästi sähköautojen latauspaikkoja ja pyöräilyä tukevia toimenpiteitä. Kiinteistön pihamaalle tulee suunnitella ja toteuttaa sähkökaapeloinnit sähköautojen latauspaikoille saakka. Latauspaikoiksi täytyy varata vähintään kolme prosenttia kiinteistön parkkipaikoista. Suunnitelmien lisäksi vaaditaan erillistä kirjallista dokumenttia, jossa todetaan sähkölatauslaitteiden tuottavan pienempiä hiilidioksidipäästöjä kuin polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen. Rakennuksen asuinhuoneiden määrästä vähintään puolet tulee varustaa sähkölatauspaikoilla. Tavoiteltaessa osiosta korkeampia hyvityspisteitä, tulee jokaiselle asunnolle varata latauspaikkoja vähintään yksi tai kaksi parkkiruutua. Ne tulee kuitenkin suhteuttaa asuntojen makuuhuoneiden määrän mukaisesti. (42, s. 214, 227, 233, 237.)

### **3.2.5 Vesi**

BREEAM huomioi vedenkäytön yhtä tärkeästi kuin LEED-ympäristöluokitus. Vedensäästöjä toteutetaan vähentämällä juomakelpoisen veden kulutusta saniteettitiloissa, hyödyntämällä veden kierrätysjärjestelmiä sekä käyttämällä vähän vettä kuluttavia kodinkoneita (42, s. 252). Seuraavissa osioissa tarkastellaan sertifikaatin vaatimuksia, joissa vedenkulutusta pienennetään BREEAM:n asettamaan perustasoon verrattuna.

#### **Vedenkulutus**

Kiinteistön vedenkulutusta arvioidaan BREEAM Wat01 -laskurilla. Laskurissa tulee ottaa huomioon vesikalusteiden käyttöasteet erilaisissa tilakokonaisuuksissa, mitkä on tutkittu hyvien ja parhaiden käytäntöjen mukaisesti. Laskurissa huomioidaan päivittäiset vesikalusteiden käyttöasteet sekä virtaamarajoittimien vaikutukset, mikäli ne sisältyvät hanoiin. Rajoittaessa vedenkulutusta tulee laskennassa huomioida vesikalusteiden kuristetut virtaamat. Rajoittamalla riittävästi vesikalusteiden virtaamia voidaan osiosta saavuttaa enintään viisi hyvityspistettä. BREEAM määrittelee vesikalusteiksi

- wc-istuimet ja urinaalit
- pesuallas- ja keittiöhanat
- suihkut
- astian- ja pyykinpesukoneet.

BREEAM jättää kaikkien tilojen aputilahanat ja ulkovesipisteet huomioitta virtaamien laskennoissa. Taulukossa 11 esitetään BREEAM-saniteettikalusteiden virtaamat pisteystystasoin ja Suomen lainsäädännössä asetetut virtaamien raja-arvot. Vähimmäisvaatimuksena tulee täyttää perustason virtaama-arvot. Kasteluveden hallinnasta voidaan saavuttaa lisäpiste, jos viheralueilla käytetään vettä säästäviä toimenpiteitä tai kasteluun hyödynnetään sade- tai harmaata vettä. (36; 41; 42, s. 253–263; 45.)

TAULUKKO 11. BREEAM-vesikalusteiden virtaamat ja Suomen lainsäädännön virtaamat (36; 42, s. 258; 45)

BREEAM Saniteettikalusteet	Perustason virtaama-arvo	Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Perustason virtaama-arvo (l/s)	Suomen lainsäädännön virtaama-arvo	Suomen lainsäädännön virtaama-arvo	Suomen lainsäädännön virtaama-
WC-istuin (l/huuhtelu)	6,0	5,0	4,5	4,0	3,75	3,0	-	≥4,0*	0,10	0,07-1,5
Pesuallashana (l/min)	12,0	9,0	7,5	4,5	3,75	3,0	0,20	0,30	0,10	0,07-0,20
Suihkuhana (l/min)	14,0	10,0	8,0	6,0	4,0	3,5	0,23	0,60	0,20	0,15-0,30
Amme (l)	200,0	180,0	160,0	140,0	120,0	100,0	-	-	-	-
Urinaali 1kpl (l/kulho/h)	10,0	8,0	4,0	2,0	1,0	0,0	-	0,6	0,4	0,28-0,60
2kpl-> (l/kulho/h)	7,5	6,0	3,0	1,5	0,75	0,0	-	0,3	0,2	0,14-0,30
Keittiöhana (l/min)	12,0	10,0	7,5	5,0	5,0	5,0	0,20	0,60	0,20	0,07-0,30
Keittiöhana esihuuhtelu	10,3	9,0	8,3	7,3	6,3	6,0	0,17	0,60	0,20	0,07-0,30
Astianpesukoneet (l/ohjelma)	17,0	13,0	13,0	12,0	11,0	10,0	0,28	-	-	-
Pyykinpesukoneet (l/ohjelma)	90,0	60,0	50,0	40,0	35,0	30,0	-	-	-	-
Jätteenkäsittely (l/min)	17,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,28	-	-	-
Ammattikäyttöinen APK (l/teline)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	-	-	-	-
Ammattikäyttöinen PPK (l/kg)	14,0	12,0	10,0	7,5	5,0	4,5	-	-	-	-

Kaksoishuuhtelun omaavista wc-istuimista täytyy erikseen laskea vedenkäytön kulutus kaavan 1 mukaisesti. Istuimen kaksoishuuhtelun ollessa esimerkiksi 6/4 litraa huuhtelua kohden ja kun rakennuksen käyttöasteeksi määritetään muut kuin asuinrakennukset, saadaan kohteen käyttöasteeksi yksi iso huuhtelu jokaista kolmea pientä huuhtelua kohden. Erilaiset suhteet kuvastavat erilaisia käyttäjien käyttäytymismalleja rakennustyyppien välillä. Huuhteluvirtaamien laskemiseksi tulee lvi-suunnittelijalla kerätä saniteettikalusteiden virtaama-arvot valmistajilta, jotta voidaan varmistua laskentojen oikeellisuudesta ja todentaa ratkaisut BREEAM-asessorille. (41; 42, s. 262–263.) Kaavoissa 2 ja 3 esitetään esimerkkilaskelmat eri rakennustyyppien wc-istuinten kaksoishuuhtelun virtaamista.



Huuhteluvesimäärä (l)

$$((T_h \times 1) + (T_p \times 3)) / (T_h + T_p) \quad \text{KAAVA 1}$$

$T_h$  = Täyden huuhtelun vesimäärä litroina

$T_p$  = Pienen huuhtelun vesimäärä litroina

$T_{h+p}$  = Huuhteluiden kokonaismäärä

Laskettaessa muiden kuin asuinrakennusten wc-tilojen keskimääräistä huuhtelua saadaan tulokseksi

$$((6l \times 1) + (4l \times 3)) / 4 = 4,5 \text{ litraa} \quad \text{KAAVA 2}$$

Kotitalouksien wc-tilojen keskimääräiseksi huuhteluksi saadaan

$$((6l \times 1) + (4l \times 2)) / 3 = 4,67 \text{ litraa} \quad \text{KAAVA 3}$$

Sertifikaatti tukee kierrätysvesijärjestelmien toteuttamista kiinteistöön. Harmaata vettä tai sadevesijärjestelmään kertynyttä vettä voidaan hyödyntää esimerkiksi wc-istuintien ja urinaalien käytössä. Kierrätysjärjestelmän tuottamalla kapasiteetilla voidaan vähentää kiinteistön juomakelpoisen veden kulutusta. Järjestelmä täytyy asentaa kansallisesti parhaiden rakentamiskäytäntöjen mukaisesti. BREEAM ei siis vaadi järjestelmältä erikoisvaateita. Harmaavesi- ja sadevesiratkaisuista vaaditaan tietokantaan toimitettavaksi järjestelmän:

- keräyspinta-ala
- tuottokerroin
- hydraulisen suodattimen hyötysuhde
- sademäärät vuosi- ja päiväkohtaisina arvoina
- valmistajan tai suunnittelijan tiedot
- jäteveden prosentuaalinen osuus saniteettikalusteista. (42, s. 260–261.)

## Vedenmittaus

Vedenmittauksella tavoitellaan vedenkäytön hallintaa, valvontaa ja pyritään vedenkäytön minimointiin. BREEAM vaatii asentamaan päävesimittarit jokaisen eri rakennuksen vesijohtoverkoston, jotka sijaitsevat kiinteistöllä. Vaatimus koskee sekä kylmää että lämmintä käyttövettä. Kiinteistön tontilla sijaitsevan erillisen vedenlähteen hyödyntämistä käyttöveden lähteenä ei ole kielletty. Hyödyntämällä kiinteistön erillistä vesilähdettä tulee se varustaa omalla vesimittarillaan vedenkulutus-tietojen mittaamiseksi. (42, s. 264–267.)

Kiinteistöön tulee asentaa riittävästi alamittauksia kaikille rakennuksen laitteistoille tai osuuksille, joiden käyttöveden kulutukset ylittävät yli kymmenen prosenttia vuosittaisesta kiinteistön kokonaiskulutuksesta. Vesimittarit täytyy sijoittaa niin, että ne ovat helposti luettavissa. Asuinrakennuksissa vaaditaan asennettavaksi huoneistokohtaisia vesimittareita kylmään ja lämpimään käyttöveteen. Kiinteistöissä sijaitseviin erikoisempiin vesijärjestelmiin, kuten uima-allastiloihin tulee asentaa erilliset tilakohtaiset vesimittarit. Kaikkien vesimittareiden täytyy olla yhdistettävissä kiinteistöautomaatiikkaan. Mittauksien tulisi perustua joko impulssiyksikköihin tai avoimen protokollan mukaiseen tiedonsiirtoon, kuten Modbus-yhteyteen. (42, s. 264–267.)

## **Vuodonilmaisu**

Vuodonilmaisujärjestelmän tarkoituksena on vähentää vesivuotojen aiheuttamia vahinkoja niissä kiinteistöissä, joissa mahdolliset vesivuotopaikat voivat jäädä huomaamatta kokonaan. Sertifikaatti vaatii luomaan järjestelmän, joka havaitsee automaattisesti kiinteistön suuret vesivuodot. Vuodonilmaisuun asetetaan erillinen virtaaman raja-arvo, jonka ylittyään seurantajärjestelmän tulee tehdä hälytys. Hälytystieto tulee ohjata huoltohenkilökunnan tietoisuuteen esimerkiksi tekstiviestillä. Järjestelmän tulisi olla joustava ja sen on pystyttävä havaitsemaan suurempia sekä pienempiä kiinteistön vesivuotoja. Järjestelmän tulisi olla suhteutettavissa rakennuksen vedenkulutustietoihin. Vuodonilmaisujärjestelmän tulee olla ohjelmoitavissa muuttuvien vedenkulutustietojen mukaisesti ja sen tulisi toimia siten, että oikeat ja väärät hälytykset voidaan selkeästi tunnistaa. Järjestelmän toteuttamisesta saavutetaan yksi piste loppuarvointiin. (42, s. 268.)

Asuinrakennuksien käyttövesijärjestelmiin tulee asentaa riittävästi sulkuventtiilejä. Vaatimuksena on asentaa venttiilit vähintään kaluste-, hormi- ja asuinhuonekohtaisesti. Sulkuventtiilivaatimukset täyttyvät lähtökohtaisesti Suomen hyvän rakentamistavan mukaisilla toimenpiteillä. Riittävästä sulkuventtiiliasennuksista saavutetaan yksi piste loppuarvointiin. Muissa kuin asuinrakennuksissa hyvityspiste saavutetaan asentamalla virtauksen säätö- tai sulkulaitteet jokaiselle saniteettitilakokoukselle. Toteutuksella pyritään ennaltaehkäisemään tilojen vesivuotoja ja -vahinkoja. Julkissa tiloissa tapahtuu paljon ilkivaltaa, jota pyritään minimoimaan kyseisellä toimenpiteellä. Esimerkiksi jos vesihanoja jätetään tiloissa tahallisesti auki, voi putkistoon asennettu magneettiventtiiliä sulkea vedenkulun tilaan. Menetelmällä pystytään myös hallinnoimaan saniteettikalusteiden tippavesien syntymistä. Magneettiventtiilin avautuminen tulee perustua esimerkiksi liiketunnistimen sensorin tunnistamiseen. Venttiilien toiminta tulee ajastaa kohteeseen sopivalla toimintaperiaatteella, josta automaatio suunnittelija vastaa. (41; 42, s. 268–271.)

## Vesitehokkaat laitteet

Käyttämällä suunnittelussa vähän vettä kuluttavia kodinkoneita ja laitteistoja vähennetään kiinteistön vedenkulutusta. Paljon vettä kuluttavia laitteistoja ovat esimerkiksi uima-altaat, ajoneuvojen pesupisteet ja kastelujärjestelmät. Tavoitteena on pyrkiä vähentämään järjestelmien tai prosessien vedentarvetta erilaisilla menetelmillä, joissa huomioidaan hyviä käytäntöjä ja ohjeistuksia. Kasteluveden vedenkäyttöä voidaan pienentää esimerkiksi istuttamalla vähemmän vettä kuluttavaa kasvillisuutta tai asentamalla maaperään kosteusantureita. Pesujärjestelmissä voidaan hyödyntää kierrätettyä vesijärjestelmää juomaveden sijasta. Toimenpiteissä tulee kuitenkin huomioida legionellariskin minimointi. (42, s. 272–274.)

### 3.2.6 Materiaalit

Hankkeessa voidaan käyttää LCA-elinkaariarviointityökalua materiaalien tarkasteluun. Sen avulla voidaan määrittää rakennusosien ympäristövaikutuksia kiinteistön elinkaaren ajalle. Työkalua hyödyntämällä voidaan saavuttaa viisi pistettä, jos materiaalien ja päästöjen prosentuaaliset osuudet saadaan riittävän pieniksi. Tulokset arvioidaan BREEAM-sertifikaatin Mat01-laskurilla. Laskentatyön ja dokumentoinnin helpottamiseksi tulisi käyttää tuotteita, joille tuotteen valmistaja on hankkinut EPD-sertifikaatin (Environmental Product Declaration) eli ympäristötuoteselosteen. Kyseinen seloste on ISO 14025 -standardin mukainen, mikä kertoo käytettävän tuotteen elinkaaren ympäristövaikutuksista. Talotekniikassa tulisi käyttää kestäviä, vastuullisia ja laadukkaita tuotteita, joilla voidaan maksimoida rakennuksen sekä tekniikan elinkaarta. Materiaalivalinnoissa kannattaa ottaa myös huomioon laitteistojen eristysmateriaalit ja sopivien pinnoitteiden käyttäminen, jotta niiden kestävyys on pidempiaikaista. (41; 42, s. 275–280.)

### 3.2.7 Saasteet

BREEAM vaatii laajoja kylmäaineiden hallinnan toimenpiteitä. Sertifikaatti vaatii estämään rakennuksessa käytettävien kylmäaineiden vuotoja ilmakehään, jotka edistävät ilmastonmuutosta. Osiin on sisällytetty muitakin päästöihin liittyviä toimenpiteitä, joiden tavoitteena on vähentää rakennuksessa syntyvien kasvihuonepäästöjen määrää. Talotekniikkasuunnittelussa tulee kiinnittää huomiota kylmäaineiden valintaan, vuodonhavaitsemisjärjestelmän toteutukseen sekä NO<sub>x</sub>-päästöihin (Nitrogen Oxides) eli typen oksidipäästöihin. NO<sub>x</sub>-päästöjä syntyy esimerkiksi puunpoltossa.

Kategoriaan on myös sisällytetty pihamaalla syntyvien pintavesiriskien hallintaa sekä valosaasteen estämisen toimenpiteitä. (42, s. 361.)

### **Kylmäaineiden vaikutukset**

BREEAM vaatii laskemaan rakennuksen kylmäaineen elinkaaren aikaiset hiilidioksidin ekvivalenttipäästöt hyvityspisteiden saavuttamiseksi. Hiilidioksidipäästöjen ollessa yhtä suuret tai pienemmät kuin 100 kg CO<sub>2e</sub> /kW jäähdytys- tai lämmitystehoa kohden, saavutetaan kaksi pistettä. Arvon ollessa yhtä suuri tai alle 1000 kg CO<sub>2e</sub> /kW jäähdytys- tai lämmitystehoa kohden, saavutetaan vain yksi piste. (42, s. 362–364, 367–371.)

DELCO<sub>2</sub> (Direct Effect Life Cycle) kuvaa arvioivasti ilmakehään vapautuvia hiilidioksidin kylmäainepäästöjä laitteen elinkaaren aikana. Laskelmaan tulee sisältää kokonaispäästöjen arviointi kylmäaineen käyttöaikana. Laskennallinen tulos tulee muuttaa tätä vastaavaksi hiilidioksidipäästön arvoksi. Useammilla kylmäaine- tai jäähdytysjärjestelmillä, toissijaisilla jäähdytys-, kaskadijärjestelmillä tai muilla vastaavilla kokoonpanoilla varustetuissa kiinteistöissä tulee jokaiselle erillisjärjestelmälle toteuttaa omat hiilidioksidipäästöjen laskennat. (42, s. 362–364, 367–371.)

Kaikki rakennukset, joihin ei tarvitse järjestää kylmäainetta sisältäviä järjestelmiä ansaitsevat suoraan neljä hyvityspistettä. Käytettäessä erillisiä jäähdytysratkaisuja, tulee kaikki sähkökompresso-reilla varustettujen jäähdytysjärjestelmien täyttää EN 378-2:2008+A2:2012-standardin osan kaksi ja kolme mukaiset vaatimukset. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä voidaan toteuttaa ISO 5149:2014-standardissa esitetyt vaatimukset. Kylmäaineen ODP-arvon ollessa nolla voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Kohteessa voidaan myös käyttää sellaisia kylmäaineita, joiden GWP-arvo on yhtä suuri tai alle kymmenen. (42, s. 362.)

Kiinteistölle voidaan rakentaa kylmäainevuotojen havaitsemiseksi automaattijärjestelmä. Järjestelmän tulee havaita järjestelmässä ilmenevät kylmäainevuodot ja hälyttää siitä kiinteistön huoltohenkilökunnalle. Järjestelmään tulee asentaa monipisteinen anturijärjestelmä, joka seuraa ilmakehän laatua jäähdytyslaitteiden läheisyydessä. Järjestelmän tulee valvoa koko ajan mahdollista vuototilanteen syntymistä. Järjestelmältä vaaditaan myös automaattista sulkeutumistoimintoa kylmäainevuodon ilmaantuessa, jotta laitteistoon jäljelle jäävä kylmäaine ei pääse vuotamaan ilmakehään. Automaattijärjestelmä tulee yhdistää joko kiinteistöautomaatiikkaan tai erilliseen hälytysjärjestelmään. Vähän kylmäaineita sisältävissä järjestelmissä kyseistä järjestelmävaatimusta ei tarvitse

toteuttaa. Sertifikaatti mainitsee, että alle kuuden kilon täyttöjärjestelmät on rajattu vaatimuksen ulkopuolelle. Kylmäaineisiin liittyvät laskennat toteutetaan BREEAM-sertifikaatin Pol01 -laskurin avulla. BREEAM-ympäristöluokituksessa on arvioitu kylmäainelaitteiden keskimääräistä kestoikää, jota voidaan hyödyntää laskelmissa. Kestoiät esitetään taulukossa 12. (42, s. 363–366.)

TAULUKKO 12. Kylmäaineiden arvioitu kestoikä järjestelmittäin (42, s. 365)

Järjestelmä	Arvioitu kestoikä
Pieni/keskikoinen jäähdytin	15
Isot jäähdyttimet	20
Split	15
Muuttuvavirtainen järjestelmä	15
Muut järjestelmät	10

### NO<sub>x</sub>-päästöt

Tavoitteena on rohkaista rakennuksen asukkaita käyttämään tilojen ja käyttöveden lämmitykseen sellaisia järjestelmiä, joilla on pienet NO<sub>x</sub>-päästöt. Tarkoituksena on siis käyttää vähäpäästöisiä lämmönlähteitä. NO<sub>x</sub>-päästöjä syntyy fossiilisten polttoaineiden polton yhteydessä. Ne ovat kyseisessä vaiheessa syntyviä epäpuhtauksia, jotka reagoivat lämmön ja auringonvalon kanssa tuottaen ilmakehälle haitallista otsonia. Ne voivat myös aiheuttaa henkilöille hengitystieoireita. NO<sub>x</sub>-päästöt voivat reagoida veden kanssa, jolloin syntyy haitallista happosadetta ekosysteemiin. Osiosta voidaan saavuttaa kaksi pistettä, jos käyttöveden lämmitykseen käytettävän polttoaineen NO<sub>x</sub>-päästötaso on yhtä suuri tai alle 40 mg/kWh. Yksi piste saavutetaan, jos arvo on yhtä suuri tai pienempi kuin 56 mg/kWh kohden. Mittaus tulee toteuttaa puulle kuivapohjaisena nollan prosentin happilyijäämätasona. Laskentatulokset tulee raportoida BREEAM NO<sub>x</sub>-päästötyökalun avulla. (42, s. 372–377.)

### Pintavesien valumat

Ympäristöluokituksen tavoitteena on välttää tai vähentää tontilla muodostuvien pintavesien muodostumista tai viivästyttää niiden purkautumista julkisiin viemäriverkostoihin ja vesistöihin tulvariskien minimoimiseksi. Tulvariskien arvioinnista voidaan saavuttaa enintään kaksi pistettä. Hulevesien hallinnassa suositetaan luonnollisia hallintaratkaisuja, mutta se ei kiellä käyttämästä rakenteellisia tai teknillisiä laitteistoja. Laitteistolta tulee kuitenkin löytyä riittävä toiminnanvarmuus, jotta asessori voi hyväksyä toteutuksen. Järjestelmän suunnittelussa ja mitoituksessa tulee varautua

ilmastonmuutoksen aiheuttamiin muutoksiin, johon voidaan varautua esimerkiksi järjestelmän kapasiteetin suurentamisella. Suomessa käytössä oleva Hule100-määritelmä on hyvä perustelupohja BREEAM-sertifikaatin hulevesien hallinnoimisessa. Tavoitteena on olla lisäämättä rakennettavan tontin vesikuorman määrää verrattuna alkuperäiseen tilanteeseen. (41; 42, s. 378–380.)

Suurilla maaperän saastumisriskien tai vuotoriskien alueilla tulee asentaa sinne asiaankuuluvat erottimet, kuten bensiinin- tai öljynerottimet. Järjestelmien yhteyteen tulee myös asentaa riittävästi sulkuventtiilikaivoja ja muita teknillisiä laitteistoja, joiden avulla voidaan estää haitallisten aineiden pääsyä luontoon sekä vesistöihin. Järjestelmien ylläpitämiseksi täytyy kiinteistöllä olla voimassa olevat kunnossapitosopimukset. (42, s. 380, 385.)

### **3.3 WELL-ympäristösertifiointi**

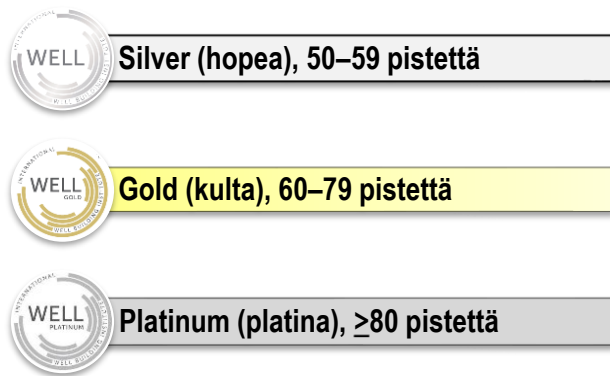
WELL-ympäristöluokitus on kehitetty yhdistämällä tieteellisiä ja lääketieteellisiä tutkimuksia sekä kirjallisuutta, jotka liittyvät ympäristöterveyteen, käyttäytymiseen, terveysvaikutuksiin ja terveydellisiin riskitekijöihin. Siinä on huomioitu myös johtavia rakentamisen käytäntöjä suunnittelun, rakentamisen sekä kiinteistön elinkaaren hallinnoimiseksi. Sertifikaatin mukaan tarvitsemme laadukasta vettä, hyvää ilmanlaatua ja riittävästi luonnonvaloa, jos haluamme menestyä maailmassa. Ihmiset viettävät nykyään jopa 90 % päivittäisestä ajastaan sisätiloissa, jolloin rakennuksen rakenteilla ja sisäilmastolla on suuri merkitys ihmisten hyvinvoinnin laatuun. WELL pyrkii tuomaan ilmi rakentamisen edistyksellistä näkökulmaa, jossa kiinnitetään huomiota ihmisten terveyteen, onnellisuuteen, hyvinvointiin ja tyytyväisyyteen. Näiden menetelmien avulla pyritään tehostamaan muun muassa työntekijöiden työskentelytehokkuutta ja vähentämään sairaspöissaolojen määrää sekä irtisanoutumisia. WELL kiinnittää huomiota muun muassa tilojen yksilöllisiin säätömahdollisuuksiin, jotta käyttäjien erilaiset tarpeet huomioidaan mahdollisimman hyvin. (46; 47; 48, s. 1–3.)

WELL-ympäristösertifikaatti on lähtöisin Yhdysvalloista, ja sen on kehittänyt International WELL Building Institute eli IWBI. Virallisen sertifikaatin rakennushankkeelle myöntää Green Business Certification Inc. (GBCI). Ensimmäinen WELL-sertifikaatti julkistettiin vuonna 2014, ja tällä hetkellä sitä käytetään jo yli 50 eri maassa. (46; 47.) Tähän opinnäytetyöhön on valittu WELL v2 -versio tarkasteluun. Versiossa on yhteensä kymmenen arvioitavaa kategoriaa, jotka esitetään taulukossa 13. Jokaisella taulukossa esitetyllä käsitteellä on erilaisia terveystavoitteita, joita rakennushankkeessa tulee toteuttaa.

TAULUKKO 13. WELL-sertifikaatin kategoriat (46)

Ilma
Vesi
Ravinto
Valo
Liikkuminen
Lämpöviihtyvyys
Ääni
Materiaalit
Mieli
Paikallisyhteisö
Innovaatiot

WELL toimii vaatimuksissaan ja pisteytyksissään samoilla periaatteilla kuin aikaisemmin esitetyt LEED- ja BREEAM-ympäristöluokitukset. Sertifikaatissa on pakollisia ja valinnaisia vaatimuksia, joita tulee toteuttaa riittävästi hyväksytyin suorituksen saavuttamiseksi. Hyväksytyistä toteutuksista käytetään pistepohjaista järjestelmää, josta voidaan saavuttaa enimmillään 110 pistettä. Sertifikaattia voidaan tavoitella kiinteistöille ja vuokrattaviin tiloihin. Ympäristöluokitusta tavoittelevan kiinteistön tulee olla uudisrakennus tai saneerauskohte. (48, s. 1–3.) Ympäristöluokituksessa on yhteensä kolme eri arvosanaa, jotka esitetään kuvassa 6 pisterajoihin.



KUVA 6. WELL-pisteytyksen arvosanat ja pistevaatimukset (48, s. 2)

Rakennusprojektien tulee ansaita vähintään kaksi pistettä jokaisesta sertifikaatissa mainitusta kategoriasta tai vastaavasti tulee ilma- ja lämpömukavuuden kategorioista saavuttaa vähintään neljä pistettä, jotta sertifikaatissa asetetut minimivaatimukset täyttyvät. Projektit voivat saavuttaa useimmista eri kategoriasta maksimissaan vain 12 pistettä. Ylimääräisistä kategorioiden tavoitteiden täytymisistä ei saavuteta hyvityspisteitä loppuarviointiin. Sertifikaatissa voidaan siis ansaita vain

kymmenestä eri kategoriasta yhteensä sata pistettä. Innovaatiopisteitä voidaan saavuttaa enintään kymmenen pistettä. (48, s. 2.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti kaikki rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa terveelliseksi sekä turvalliseksi. Kiinteistöjen rakentamisessa tulee huomioida muun muassa vesihuoltoa, sisäilma-, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteita. Osa sertifikaatin asettamista pakollisista ja valinnaisista vaatimuksista voidaan täyttää jo Suomen lainsäädännöllisillä vaatimuksilla. Ympäristöluokituksessa on paljon yksityiskohtaisempia ja tiukempia rakennuksien päästöraja-arvoja kuin Suomen lainsäädännössä on määritetty. Sertifikaatti vaatii muun muassa laajoja päästömittauksia rakennuksiin ennen niiden luovutusta asiakkaalle. Luokituksessa ilmoitettuja päästötasojen arvoja tulee useassa eri tilanteessa verrata Suomen rakentamismääräyskokoelmissa ja lainsäädännössä asetettuihin terveellisyttä koskeviin määräyksiin, asetuksiin sekä ohjeisiin. Taloteknisessä suunnittelussa tulee huomioida asumisterveysasetusta sekä hyödyntää sisäilmasto-luokitus 2018-dokumenttia sisäilman laadun parantamiseksi. (44; 49; 50; 51.)

Sertifikaattia voidaan hakea rakennushankkeelle yksin tai yhdessä LEED- tai BREEAM-sertifikaatin kanssa. Osa ympäristöluokituksen vaatimuksista ovat hyvin pitkälti samankaltaisia kuin LEED- ja BREEAM-ympäristöluokituksissa. Vaatimuksien todentamisessa voidaan hyödyntää toisten sertifikaattien dokumenttiaineistoa helpottamaan arvosanan saavuttamista. Kaikkien WELL-ympäristöluokitusprojektien tulee toimittaa suunnitteludokumentit ja muut vaaditut kirjalliset lausunnot WELL- asessorille, joka tarkastaa kohteen vaatimuksien täyttymiset ja laskee lopullisen pistemäärän hankkeelle. Sertifikaatti on voimassa vain kolme vuotta, minkä jälkeen se täytyy halutessaan uusua. Sertifikaatin ylläpito vaatii vuosittaisten päästömittauksien ja tyytyväisyyskyselyiden toteuttamista. Kaikki hankkeeseen toteutetut selvitykset ja kyselyt tulee toimittaa WELL Online -järjestelmään. Uudelleensertifiointi voidaan myöntää kiinteistölle helpommin, jos edellä mainittuja toimenpiteitä noudatetaan säännöllisesti. (46; 48, s. 3; 52; 53.)

Seuraavaksi työssä perehdytään WELL v2-sertifikaatissa oleviin talotekniikan suunnitteluun vaikuttaviin kokonaisuuksiin ja vaatimuksiin. Talotekniikan suurimmat vaikutukset kohdistuvat neljään eri kategoriaan, jotka ovat ilma, vesi, lämpö ja valo.



### 3.3.1 Ilma

WELL tavoittelee korkeaa sisäilman laatua rakennukseen koko sen elinkaaren ajalle. Ympäristöluokitus pyrkii käyttämään useita erilaisia strategioita ja suunnittelumenetelmiä parantamaan sisäilman laatua. Sertifikaatti vaatii toteuttamaan sellaisia ratkaisuja, joilla pystytään vähentämään ja poistamaan kiinteistössä olevia epäpuhtaita lähteitä. WELL pyrkii myös tehostamaan rakennuksen toimintaa sen käyttöaikana ohjaamalla ihmisten käyttäytymistapoja ympäristöystävällisimpiin ajattelutapoihin. Kiinteistössä syntyviä haitallisia päästöjä tulee minimoida mahdollisimman tehokkaasti aktiivisilla ja passiivisilla menettelytavoilla, joita tulee huomioida jo suunnittelupöydällä. Kiinteistöihin tulee myös järjestää mahdollisuuksia käyttötapojen muokkaamiseen. (48, s. 4.)

#### Ilmanlaatu ja seuranta

WELL tavoittelee vaatimuksissaan hyvää perustason ilmanlaatua kiinteistöön. Osion vaatimuksena on alittaa huonetiloissa eri hiukkasille määritettyjä raja-arvoja, joita tulee seurata ja mitata vuosittain. Rakennuksen sisäilma sisältää aina epäpuhtauksia, joita syntyy muun muassa rakennusmateriaaleista, huonekalusteista, ulkoilmasta ja maaperästä. Näitä ilmassa olevia epäpuhtauksia ovat muun muassa hiukkaset, kuidut sekä orgaaniset ja epäorgaaniset kaasut, joita kutsutaan myös VOC- ja SVOC-kaasuiksi (Volatile Organic Compounds, Semi-Volatile Organic Compounds). Ne ovat huoneenlämmössä olevia yhdisteitä, jotka helposti haihtuvat huoneilmaan eri materiaaleista. Sisäilmassa olevat pölyhiukkaset muodostuvat partikkeleista, jotka leijailevat kohti lattiaa aina vain hitaammin mitä pienemmäksi ne käyvät. Hiukkaset luokitellaan niiden koon mukaan joko PM<sub>10</sub> tai PM<sub>2.5</sub>-hiukkasiin. PM<sub>2.5</sub>-hiukkaset eivät laskeudu vaan leijailevat sisäilmassa, minkä takia niiden pitoisuutta käytetään sisäilman laadun arvioinnissa. Epäpuhtauslähteiden määrää kiinteistössä tulee vähentää ja poistaa esimerkiksi tehokkaiden ilmansuodatuksien ja riittävän ilmanvaihdon avulla. (43; 48, s. 5; 50.)

Ympäristöministeriön sisäilmasto- ja ilmanvaihtoasetuksessa 1009/2017 mainitaan, ettei sisäilmassa saa ilmaantua terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja. Asetuksessa ei kuitenkaan mainita erillisiä PM-arvojen rajoja, joihin hiukkaspitoisuudet tulee kiinteistöissä saada. Sosiaali- ja terveysministeriön laatimassa asumisterveysasetuksessa 545/2015 on määritetty sisäilman pitoisuusarvot. Asetuksessa ilmoitetut arvot on annettu PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub>-hiukkaspitoisuuksille vuorokauden mittausjaksona. (44; 50; 54.) Taulukkoon 14 on kerätty

ympäristöluokituksen, asumisterveysasetuksen ja sisäilmastoluokitus 2018 hiukkaspitoisuudet vertailun helpottamiseksi. Taulukosta voidaan huomata, että WELL asettaa tiukempia päästövaatimuksia kuin asumisterveysasetuksessa on annettu.

TAULUKKO 14. Hiukkaspitoisuuksien raja-arvot eri ohjeistuksissa (44; 50; 54)

WELL-sertifikaatti	Vaatus (µg/m³)	Optio 1. Vaatus (µg/m³)	Optio 2. Vaatus (µg/m³)
PM <sub>10</sub>	< 50	< 30	< 20
PM <sub>2.5</sub>	< 15	< 12	< 10

Sisäilmastoluokitus 2018	S3 (µg/m³)	S2 (µg/m³)	S1 (µg/m³)
PM <sub>2.5</sub>	< 25	< 10	< 10

Asumisterveysasetus	Vaatus (µg/m³) (24h)
PM <sub>10</sub>	≤ 50
PM <sub>2.5</sub>	≤ 25

Asumisterveysasetuksessa annetaan useita erillisiä päästöjen raja-arvoja, joihin kiinteistöjen sisäilman laadussa tulee pyrkiä. Asetus määrittää formaldehydin raja-arvoksi 50 µg/m³:lle. Hiilimonoksidin päästöt eivät kiinteistöissä saa ylittää hetkellisesti yli 7000 µg/m³:n rajaa. Asetus antaa huoneilmassa oleville yksittäisille haihtuville orgaanisille yhdisteille rajaksi enintään 50 µg/m³ kohden. Useiden eri päästölähteiden kokonaispitoisuusarvoksi sallitaan huonetilassa enintään 400 µg/m³ kohti. (48, s. 5–6, 11.) Taulukossa 15 esitetään WELL-sertifikaatissa ilmoitetut epäpuhtauksien ja orgaanisten kaasujen rajat-arvot huonetiloissa. Taulukkoon on sisällytetty myös optiopisteiden erilliset raja-arvot sulkujen sisälle.

TAULUKKO 15. Orgaanisten ja epäorgaanisten kaasujen raja-arvot (48, s. 5–6, 11)

Kemikaali	(µg/m³)
Formaldehydi	36 (<18)
Bentseeni	≤30 (<3)
Hiilidisulfidi	≤400
Hiilitetrakloridi	≤20
Klooribentseeni	≤500
Kloroformi	≤150
1,4-Diklooribentseeni	≤400
1,1-Dikloorietyleeni	≤35
Etyylibentseeni	≤1000
n-Heksaani	≤3500
Isopropyylialkoholi	≤3500
Metyylikloroformi	≤500

Kemikaali	(µg/m³)
Metyleenikloridi	≤200
Metyyli-tert-butyylietteri	≤4000
Styreeni	≤450
Tetrakloorieteeni	≤17,5
Tolueeni	≤150
Trikloorieteeni	≤300
Vinyyliasetaatti	≤100
Ksyleeni (m,o,p)	≤350
Hiilimonoksidi	<10305 (<6870)
Otsoni	<100 (<50)
Typpidioksidi	- (<40)

WELL määrittää huomattavasti tarkempia päästöjen raja-arvoja kuin asumisterveysasetuksessa mainitaan. Verratessa asumisterveysasetuksen ja WELL-sertifikaatin arvoja keskenään voidaan

huomata, että formaldehydin päästöarvot ovat sertifikaatin vaatimuksessa tiukemmat kuin asetuksessa määritellään. Vastaavasti asumisterveysasetuksen hiilimonoksidin arvo on lähempänä sertifikaatista saavutettavaa hyvityspisteen määritelmää. Varsinainen päästöjen todentaminen kiinteistöissä tulee järjestää kohteeseen toteutettavilla kenttämittauksilla. Mittauksia tulee toteuttaa vuosittain, jotta ympäristöluokitus pysyy lainvoimaisena. Asumisterveysasetus on tarkoitettu asunon ja muun oleskelutilan terveellisten olosuhteiden valvontaa varten, eikä varsinaisesti ohjaamaan suunnittelua. (48, s. 5–6; 50.)

Säännöllisesti käytössä olevien tilojen epäpuhtauksien seurannasta voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Vaatimuksen täyttämiseksi tulee rakennuksessa seurata vähintään kolmea eri pitoisuusarvoa. Seurattavia pitoisuusarvoja ovat hiilidioksidi, hiilimonoksidi, otsoni, typpidioksidi, formaldehydi, VOC-yhdisteiden kokonaismäärä ja PM<sub>2.5</sub> tai PM<sub>10</sub> -hiukkaspäästöt. Hiilidioksidin ja hiukkasten päästömittaukset tulee tehdä korkeintaan kymmenen minuutin välein, ja muissa epäpuhtauksissa maksimissaan tunnin välein. Mittauspisteet tulee sijoittaa vähintään metrin päähän ovista, ikkunoista ja ilmanvaihdon päätelaitteista. Mittauspisteet tulee sijoittaa jokaiseen kerrokseen tai vastaavasti 325 neliömetrin välein, riippuen siitä kumpi vaatimus osoittautuu tiukemmaksi. Mittaamiseen käytettävät valvontalaitteet tulee kalibroida tai vaihtaa vuosittain. Kaikki mittaustiedot tulee luovuttaa vuosittain WELL Online -järjestelmään. (48, s. 6, 15.)

Kaikki huonetilasta kerättävät mittaustulokset tulee jakaa tilan käyttäjien tietoisuuteen, jos haetaan osion toista hyvityspistettä. Vaatimuksena on tällöin asentaa yksi infonäyttö jokaista 930 neliömetrin alaa kohden. Näyttöissä tulee esittää huonetilojen epäpuhtauksien määriä mittaustietojen perusteella. Kaikki päästötiedot tulee myös järjestää kiinteistön käyttäjien nähtäville esimerkiksi puhelinsovelluksen tai verkkosivuston kautta. Kaikille rakennuksen tilojen käyttäjille tulee järjestää erillinen koulutus, jossa keskitytään huonetilojen ilmanlaadun parantamisen toimenpiteisiin. (48, s. 6, 15.)

Seuraamalla ulkoilman otsoni-, PM<sub>2.5</sub>- tai PM<sub>10</sub> -hiukkaspitoisuuksia ja lämpötilaa voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Vaatimuksena on seurata huonetilojen pitoisuuksia vähintään kerran tunnissa. Seurannassa tulee hyödyntää neljän kilometrin säteellä olevan tiedonkeruuaseman dataa. Kaikki mittaustiedot tulee järjestää rakennuksen käyttäjien tietoisuuteen. Rakennuksen ikkunoihin tulee asentaa erilliset merkkivalot tai rakennukseen on järjestettävä erillinen ilmoitusjärjestelmä, joka sallii ikkunoiden aukaisemisen ulkoilman ollessa riittävän laadukasta. (48, s. 11, 14.)

WELL asettaa radonin hallinnan raja-arvoksi enintään 0,15 Bq/dm<sup>3</sup> kohden. Vaatimus koskee kaikkia maavaraista tai kellarillisia tiloja, joiden ilmanvaihto toteutetaan painovoimaisena. Käytettäessä koneellista ilmanvaihtoa, tulee käytettävien huuhteluilmamäärien olla vähintään ASHRAE:n mukaiset. Radonpitoisuutta ei tarvitse erikseen mitata kenttämittauksissa. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa uuden rakennuksen suunnittelua ja toteutusta koskeva sisäilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvona käytetään 200 Bq/m<sup>3</sup>. Radonin poistaminen tulee toteuttaa hyvien käytäntöjen mukaisesti yhteistyössä rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijan kanssa. (48, s. 6; 55.)

### **Palaminen ja savuttomuus**

WELL-sertifikaatti kieltää tupakoinnin kiinteistössä, parvekkeilla ja terasseilla. Kiinteistölle sijoitettava tupakointipaikka täytyy sijaita vähintään 7,5 metrin päässä kaikista kiinteistön sisäänkäynneistä, ilmanvaihdon ulkoilma-aukoista sekä ikkunoista, joita voidaan avata. Toimenpiteet tulee dokumentoida käyttäjien ohjekirjoihin sekä taloyhtiön sääntöihin. Kiellot koskevat myös sähkötupakkaa. Osioista voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste, jos kiinteistön säännöllisesti käytettäviä tiloja ei varusteta erillisillä takoilla, kamiinoilla tai polttamis pohjaisilla lämmöntuotannon laitteilla. (48, s. 7.) Lvi-suunnittelijalla tulee huolehtia arkkitehdin kanssa, etteivät epäpuhtauslähteet sijaitse liian lähellä ilmanottoaukkoja (51).

### **Ilmanvaihdon tehokkuus**

Sertifikaatti vaatii rakennuksen ilmanvaihdon mitoituksessa käytettäväksi minimissään ASHRAE 62.1-2010 -standardin tai uudemman version mukaisia ilmavirtoja. WELL-sertifikaatissa on esitetty myös muita mahdollisia ilmamäärien mitoitusdokumenteja, mutta yhtenevien käytäntöjen takia ne jätetään tästä opinnäytetyöstä pois. Kuten LEED-sertifikaatissa esitettiin, huonetilojen ilmamäärien määrittämisessä hyödynnetään Suomessa Finvacin oppaita ja sisäilmastoluokituksessa esitettyjä ohjearvoja. Kyseisissä dokumenteissa asetetut ilmamäärävaateet riittävät lähtökohtaisesti täyttämään ASHRAE:ssä esitetyt vaatimukset. Suunnittelijoilla tulee kuitenkin aina varmistaa, että kaikki asetetut vaatimukset täyttyvät. Osioista haettavien hyvityspisteiden saavuttamiseksi, tulee huonetilojen ulkoilmamääriä nostaa 30 %:lla tai 60 %:lla ASHRAE 62.1-2010 -standardissa esitettyihin ilmamääriin nähden. Vaatimus tulee toteuttaa kaikkiin rakennuksen tiloihin. Lvi-suunnittelijalla tulee kiinnittää huomiota riittävien ilmamäärien saavuttamiseen. (44; 48, s. 8, 12; 56.)

Saneeraushankkeiden ilmanvaihtokoneiden ilmamäärät tulee tasapainottaa, jos järjestelmään tehdään merkittäviä ilmavirtoihin vaikuttavia muutoksia. Tasapainotus tulee toteuttaa noudattamalla ASHRAE 111 -standardin ohjeita. Kaikki saneerauskohteen ilmanvaihtojärjestelmät tulee myös testata ja tasapainottaa vähintään joka viides vuosi, mikäli sertifikaattia uusitaan säännöllisesti. Ilmanvaihtokoneilla tulee täyttää rakennuksen vähimmäisilmamäärät, jotka ovat  $\pm 10\%$  sille suunnitelluista arvoista. Käytettäessä korotettua ilmannopeutta paremman lämpömukavuuden saavuttamiseksi, tulee varmistaa ilmannopeuksien olevan suunnitteluvaatimusten mukaisia. Rakennuttajan vastuulla on huolehtia ilmavirtojen mittauksista ja säätötöistä sekä ilmanvaihtokoneen ominaissähkötehon mittauksista. Rakennusvaiheen vastuuhenkilö kuittaa tarkastusasiakirjaan ilmanvaihtojärjestelmien olevan suunnitelmien mukaiset. Ilmamäärät saavat poiketa huonekohtaisissa mittauksissa enintään  $\pm 20\%$ . Järjestelmä- sekä huoneistokohtaisesti sallitaan enintään  $\pm 10\%$ :n poikkeamat ilmoitetuista suunnitteluarvoista. (48, s. 9; 51.)

Toteuttamalla säännöllisesti käytössä oleviin tiloihin ilmamääräsäätöisen ilmanvaihdon saavutetaan hyvityspisteitä. Tilojen hiilidioksidiarvot tulee saada pysymään alle niille suunniteltujen enimmäiskäyttötasojen. Mittaukset tulee toteuttaa 1,1–1,7 metrin korkeudesta etäällä kaikista tuloilmalaitteista. Huonesensoreita tulee asentaa jokaiseen tilaan vähintään yksi kappale. Yksi piste saavutetaan huonetilojen hiilidioksidipitoisuuksien alittaessa 900 ppm:n (parts per million) raja-arvon. Suuremmat pistemäärät saavutetaan, jos hiilidioksidipitoisuusarvot saadaan alle 750 ppm:n tai alle 600 ppm:n raja-arvon. Syrjäyttävällä ilmanvaihdolla voidaan saavuttaa kiinteistölle vain yksi hyvityspiste. Vaatimuksena on tällöin käyttää suunnittelun perusteena ASHRAE Guidelines RP-949 -dokumenttia. (48, s. 12.)

## **Päästöjen hallinta**

WELL edellyttää vähintään kolmen erillisen vaatimuksen täyttämistä päästöjen hallinnasta. Ensimmäisessä vaatimuksessa tulee työmaavaiheen jälkeen toteuttaa rakennuksen ilmahuuhtelu, jossa sisälämpötila pysyy vähintään  $+15\text{ °C}$ :ssa ja suhteellinen kosteus on alle  $60\%$ . Huuhteluilmamäärän tulee olla vähintään  $4300\text{ m}^3$  tilan lattiapinta-alaa kohden. Kokonaisilmamäärähuuhtelu voidaan toteuttaa myös vaiheittain. Ennen käyttöönottoa tulee toteuttaa lattiapinta-alaa kohden vähintään  $1100\text{ m}^3$  huuhtelu. Käyttöönoton jälkeen kiinteistöön toteutetaan vähintään  $3200\text{ m}^3$  ilmamäärähuuhtelu. Asunnosta poismuuttamisen jälkeen huonetilaan toteuttavan ilmavirtatuuletuksen tulee olla vähintään  $0,1\text{ m}^3$  minuutissa lattiapinta-alaa kohden. (48, s. 10.)

Sertifikaatti edellyttää ilmanvaihtokanavien suojaamista saastumiselta rakentamisen aikana. Kaikki ilmanvaihtokanavat tulee puhdistaa ennen päätelaitteiden asentamista. Rakennukseen voidaan halutessaan järjestää myös kosteuden- ja pölynhallinnan toimenpiteitä, joissa talotekniikan eristeet sekä muut vettä imevät materiaalit varastoidaan ja suojataan kosteudelta niille varattuun säilytystilaan. (48, s. 10.)

Kaikissa rakennustyön aikana käytettävissä ilmanvaihtokoneissa tulee käyttää vähintään MERV 8 -luokan (Minimum Efficiency Report Value) suodattimia. Suodattimet tulee vaihtaa uusiin ennen rakennuksen varsinaista käyttöönottoa. Suodatinluokkia ja niiden vertailuja esitetään tarkemmin Ilmansuodatuksen osiossa. Rakennuksen puhtaudenhallinnassa voidaan hyödyntää sisäilmastoluokituksen mukaista P1 tai P2 -puhtausluokitusta, jonka käyttäminen edesauttaa hyvän sisäilman laadun saavuttamista. Luokituksen käyttöä ei edellytetä Suomen lainsäädännössä, mutta rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän on oltava aina puhdistettu ennen sen varsinaista käyttöönottoa ja kohteen luovutusta asiakkaalle. (44; 48, s. 10; 51.)

### **Epäpuhtaat tilat**

Kaikki epäpuhtaat tilat tulee suunnitella riittävällä poistoilmanvaihdolla tai varustaa itsestään sulkeutuvilla ovilla. Sertifikaatti luettelee epäpuhtaiksi tiloiksi muun muassa kylpyhuoneet, keittiöt, siivoustilat, kemikaalien varastot ja kopiointihuoneet. Kaikki tilat, joissa on runsaasti päästölähteitä ja kosteutta tulee suunnitella samojen määritelmien mukaisesti. Epäpuhtaiden tilojen ilmaa ei saa käyttää muiden rakennuksen huonetilojen palautus- tai siirtoilmana. Ilmamäärien mitoituksessa tulee hyödyntää ASHRAE 62-2010 -standardin ohjeistuksia. (48, s. 18.)

### **Ilmansuodatus**

Tuloilmansuodattimille on asetettu WELL-sertifikaatissa erilliset hiukkassuodatusvaatimukset, jotka tulee täyttää. Kohteeseen sopiva suodatin tulee valita PM2.5-pitoisuuden mukaisesti. Taulukossa 16 esitetään WELL-sertifikaatin ilmansuodatusluokat MERV (Minimum Efficiency Report Value) ja EN 779-standardin mukaiset suodattimet. ASHRAE on laatinut MERV-luokituksen. Nykyään käytössä oleva ISO 16890 -standardi on hyväksytty käytettäväksi sertifikaatin vaatimuksien täyttämiseksi. ISO 16890 -standardin vastaavat suodatinluokat on myös kerätty taulukkoon 16 vertailun helpottamiseksi. WELL-standardia vastaavat ODA-luokat (Outdoor Air) on myös ilmoitettu kyseisessä taulukossa. Kaikki suodattimet tulee varustaa painesensorein tai vastaavasti

vaihtodikaattoreilla, jotka ilmoittavat suodattimen liiallisesta likaantumisesta ja vaihtotarpeesta huoltohenkilökunnalle. Suodattimien vaihdot tulee raportoida vuosittain WELL Online -järjestelmään (48, s. 19; 57.)

**TAULUKKO 16. Ilmansuodatuksen luokat WELL-sertifikaatissa ja vastaavat ISO 16890 sekä kumotun EN 779 -standardin suodatinluokat (48, s. 19; 57)**

PM2.5 (µg/m³)	MERV-Luokka	EN-779:2012	ePM1	ePM2.5	ePM10	ISO Coarse	ODA (PM2.5 µg/m³)
≤16	8	G4	-	-	-	60 - 85 %	ODA 1 (≤10) - ODA 2 (≤15)
17-18	10	M5	5 - 35 %	10 - 45 %	40 - 70 %	80 - 95 %	ODA 3
19-23	12	M6	10 - 40 %	20 - 50 %	60 - 80 %	> 90 %	ODA 3
24-39	14	F8	65 - 90 %	75 - 95 %	90 - 100 %	> 95 %	ODA 3
40-59	16	E10	≥ 85 %	≥ 85 %	≥ 85 %	≥ 85 %	ODA 3

Suomessa käytetään ODA-luokitusta ulkoilman laadun arvioimiseksi, mikä perustuu EN-16798-standardiin. Standardi sisältää PM2.5- ja PM10-hiukkaspitoisuuksien raja-arvot. Suomen olosuhteissa ulkoilman laatu on pääsääntöisesti ODA 1 -luokkaa, joka vastaa tilapäisesti pölyistä ulkoilmaa. ODA 2 ja ODA 3 -luokat vastaavat vilkkaasti liikennöityjä alueita, joissa on korkea tai erittäin korkea pienhiukkaspitoisuus. Suomessa tulee käyttää vähintään ePM1 50 % -luokan suodatinta, joka asettuu WELL-sertifikaatin MERV 12 ja 14 suodatusluokkien väliin. Lvi-suunnittelijalla tuleekin huomioida ilmanvaihtokoneiden valinnassa sopivien suodattimien valintaa ja paine-eromittaustietojen vientiä automaattisuunnitteluun. (51; 57.)

## Päästöjen vähentäminen

VOC-päästöjen hallinnasta saavutetaan yksi hyvityspiste. Edellytyksenä on käyttää aktiivihiihi-suodattimia tai partikkeli- ja aktiivihiihi-suodattimia ilmanvaihtokanavien pääkanavissa, jotka suodattavat palautusilmaa. Huonetilaan voidaan myös sijoittaa erilliset aktiivihiihi-suodattimet, jotka puhdistavat ilmaa. WELL vaatii aktiivihiihi-suodattimen säännöllisestä vaihtamisesta ja huoltamisesta kirjaukset WELL Online-järjestelmään. (48, s. 20–21.)

Toteuttamalla lvi-järjestelmien pinnoille ultraviolettikäsittelyn saavutetaan yksi hyvityspiste. Rakennuksessa tulee käyttää ultraviolettilamppuja koneellisen järjestelmän tarvikkeiden, jäähdytyskelojen ja tyhjennyskaukaloiden pintojen säteilyttämiseen, mikäli kiinteistössä on käytössä jäähdytysjärjestelmiä. Rakennuksessa tulee käyttää erillisiä ultravioletti-itiösäteilyn ilmanpuhdistimia kaikissa tiloissa, joissa oleskelee yli kymmenen käyttäjää, mikäli kiinteistöä ei varusteta

jäähdytysjärjestelmällä. Laitteistoa tulee huoltaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kaikki laitteistojen vuosihuoltojen tiedot tulee toimittaa WELL Online -järjestelmään. (48, s. 21.)

Sertifikaatti myöntää hyvityspisteen kondenssiveden ja kondensoitumisen hallinnasta. Kohdesuunnittelussa tulee tarkastaa mahdollisten kosteuden riskipaikkojen syntymisiä ja hallita niiden estämisiä parhaiden rakentamistapojen mukaisesti. Talotekniikassa tulee kiinnittää huomiota laitteiden kondenssivesien poistamiseen. Kaikkiin erillisjäähdytettyjen tilojen jäähdytysjärjestelmille tulee myös toteuttaa aiemmin esitetyt ultraviolettikäsittelyt. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä tulee kaikki jäähdytysjärjestelmän kierukat tarkistaa neljännesvuosittain homekasvustosta. Ne tulee puhdistaa aina tarpeen vaatiessa. (48, s. 21.)

### **3.3.2 Vesi**

WELL pyrkii takaamaan kiinteistön veden laatua, sen jakelua ja hallinnan näkökohtia. Osiossa otetaan huomioon juomaveden saatavuutta ja käyttöveden saasteiden minimoimista. WELL pyrkii huolehtimaan käyttäjien nesteytysmahdollisuuksista varmistamalla kiinteistöön riittävästi juomavesipisteitä. Osiossa myös vähennetään rakennuksen liiallista kosteuskuormaa, parannetaan veden laadun tietoisuutta sekä sen hallintaa. Kategoriasta voidaan saavuttaa enintään yhdeksän pistettä loppuarviointia varten. (48, s. 26.)

#### **Veden laatu**

Kiinteistön veden sameuden arvoksi on sertifikaatissa asetettu enimmillään 1,0 NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Talousvesiasetuksen soveltamisohjeessa on mainittu, että pintavesilaitoksilta tulevan käyttöveden sameus saa olla enintään 1,0 NTU, jolloin vaatimus lähtökohtaisesti täytetään. Vaatimuksena on myös, ettei kolibakteeria tai mitään sen muotoja saa ilmaantua käyttövedessä. Saamaa toimenpidettä vaaditaan myös talousvesiasetuksessa. WELL vaatii rakennukseen käyttöveden sameuden ja kolibakteerien määrien vuosittaisia mittauksia. Vaihtoehtoisesti voidaan toimittaa vuosittainen vedenkäsittelylaitoksen epäpuhtausraportti, jossa mainitaan veden sameuden arvo ja koliformisten bakteerien määrät. Tiedot tulee toimittaa WELL Online -järjestelmään joka vuosi. (48, s. 27; 51; 58, s. 7, 34.)



Sertifikaatti asettaa monille käyttövedessä käytettäville kemikaaleille tiukat raja-arvot. Kaikki sertifikaatissa esitetyt kemikaaliarvot esitetään taulukossa 17. Talusvesiasetuksessa annetut raja-arvot esitetään myös kyseisessä taulukossa. Kaikille kemikaaleille ei ole talusvesiasetuksessa määritetty erillisiä raja-arvoja, jolloin niitä ei varsinaisesti mitata. WELL-sertifikaatti vaatii puuttuvia arvoja erikseen mitattavaksi, ja tällöin se vaatii erillisen vesianalyysin teettämistä laboratoriossa. (48, s. 27; 51; 58, s. 7, 34.)

TAULUKKO 17. Veden epäpuhtauksien raja-arvot (48, s. 28–29; 58)

Veden epäpuhtaus	WELL (mg/l)	Talovesiasetus (mg/l)
Lyijy	< 0,01	0,01
Arseeni	< 0,01	0,01
Antimoni	< 0,006	0,005
Elohopea	< 0,002	0,01
Nikkeli	< 0,07	0,02
Kupari	< 1	2,0
Kadmium	< 0,005	0,005
Kromi	< 0,1	0,05
Styreeni	< 0,02	-
Bentseeni	< 0,005	0,001
Etyylibentseeni	< 0,3	-
Vinyylikloridi	< 0,002	0,0005
Tolueneeni	< 0,7	-
Ksyleeni (m,o,p)	< 0,5	-
Tetrakloorieteeni	< 0,005	0,01
Trihalometaanit	< 0,08	0,1
Halogenoidut etikkahapot	< 0,06	-
Atratsiini	< 0,003	0,0001
Simatsiini	< 0,002	0,0001
2,4-dikloorifenoksisietikkahappo	< 0,07	0,0001
Nitraatti	< 50	50
Fluoridi	< 4	1,5
Kokonaiskloori	< 4	-
Kloramiini	< 4	-
Alumiini	≤ 0,2	0,2
Kloridi	< 250	250
Fluori	< 2	-
Mangaani	< 0,05	0,05
Natrium	< 270	200
Sulfaatti	< 250	250
Rauta	< 0,3	0,2
Sinkki	< 5	-
Liunneet kiintoaineet	< 500	-

Taulukkoarvojen pohjalta huomataan, että osa määritetyistä epäpuhtausarvoista ovat WELL-sertifikaatissa pienempiä kuin talusvesiasetuksessa ilmoitetaan. Talotekniikkasuunnittelussa tuleekin varautua erillisiin käyttöveden puhdistuslaitteistoihin ja niiden tilavarauksiin käyttövesiraporttien pohjalta. Suunnittelussa tulee myös huomioida tarvittavissa määrin rakennuksessa käytettäviä putkistomateriaaleja. Kiinteistön vesijärjestelmään vaikuttavat eniten kupari, lyijy, antimoni, kupari, nikkeli, kadmium ja kromi, joista irtoaa epäpuhtauksia juomaveden sekaan. (48, s. 32; 51.)

## **Legionellariskin hallinta**

Vaatumuksena on teetättää rakennettavalle kiinteistölle legionellariskin hallintasuunnitelma. Dokumenttiin täytyy sisällyttää vähintään hallintasuunnitelman toteuttamisen kuvaukset, vastuuhenkilöiden muodostamisen toimenpiteet, riskiarvioinnin teettäminen, kriittisten valvontapisteiden sekä huolto-, korjaus- ja valvontatoimenpiteiden määrittäminen, ja erilliset luettelot kiinteistössä käytettävistä vesijärjestelmistä virtauskaavioineen. Kohteeseen tulee myös asettaa sopivat legionellan seurannan raja-arvot sekä tarkastaa niiden pysyvyyttä ja toimivuutta automaation avustuksella. (48, s. 30; 51.)

Vesijärjestelmien suunnittelussa noudatetaan ympäristöministeriön asetusta 1047/2017 rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta. Asetuksessa on määritetty kylmä- ja lämminvesilaitteistossa käytettävät lämpötilat. Kylmän veden lämpötila saa olla korkeimmillaan +20 °C. Mikäli kylmää vettä ei käytetä vähintään kahdeksaan tuntiin, saa kylmän veden lämpötila olla enintään +24 °C. Lämmönvesilaitteiston lämpötila tulee olla vähintään +55 °C. Legionella-bakteerin hallitsemiseksi on hyvä asentaa erilliset lämpötilamittaukset kylmään veteen ja lämpimän käyttöveden kiertoon, jotta voidaan varmistua lämpötilojen pysyvyydestä. Suotavaa on myös tarkastella rakennuskohteen mukaisesti kaikki legionellan mahdolliset riskipaikat. Paikat on varustettava mittauslaittein ja erillisillä hälytyksillä, jos riskipaikkoja tunnistetaan olevan kiinteistössä. Ilmankostutuksen yhteydessä on myös muistettava huomioida legionellaan liittyvät riskit. (51; 59.)

## **Veden laadun pysyvyys**

Juomaveden suodattamisesta saavutetaan yksi hyvityspiste. Tämän vaatimuksen täyttääkseen kiinteistöön tulee asentaa erillinen suodatin, joka poistaa käyttövedessä olevat kiintoaineet, lyijyn sekä kuparin. Kiinteistön käyttövesijärjestelmään vaaditaan ultravioletidesinfiointijärjestelmän asennusta. Kaikki kohteen vedenkäsittelylaitteet tulee huoltaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. Huoltotoimenpiteistä tulee toimittaa erilliset kirjalliset dokumentit WELL Online -järjestelmään vuosittain. (48, s. 32; 51.)

Toinen hyvityspiste saavutetaan toteuttamalla neljännesvuosittain käyttöveden mittauksia. Niissä tulee mitata lyijyn, kuparin, sameuden ja koliformisten bakteereiden määriä. Kiinteistön vesilaitteiston putki- ja komponenttimateriaalit vaikuttavat merkittävästi lyijyn ja kuparin pitoisuuksiin. Rakennuksessa tulee pyrkiä käyttämään lyijyttömiä lvi-tuotteita. Mittaustulokset tulee toimittaa

vuosittaisessa raportissa WELL Online -järjestelmään. Mittauksien tulokset tulee myös jakaa kiinteistön käyttäjien tietoon hyödyntämällä esimerkiksi erillisiä infotauluja juomavesilähteiden läheisyydessä tai jakamalla tiedot verkkosivustolle, johon asukkailla on vapaa pääsy. (48, s. 32; 51.)

### **Juomaveden edistäminen ja käsienpesu**

Järjestämällä juomaveden annostelijan rakennuksen jokaiseen kerrokseen ja sijoittamalla ne enintään 30 metrin etäisyyteen säännöllisesti käytössä olevista tiloista sekä ruokailutiloista saavutetaan yksi hyvityspiste. Vesipisteet tulee suunnitella vain vesipullojen täyttöjä varten, ja niihin liittyvät suolakkeet, suojuukset ja altaat tulee puhdistaa joka päivä. Kiinteistöön voidaan myös suunnitella riittävästi käsienpesualtaita, jotka täyttävät pesualtaisiin kohdistuvat vaatimukset. Yleensä tämä vaatii lvi-suunnittelijalta tarkastelua kohteeseen sopivien altaiden tyyppityksistä. Vaatimuksena on, että pesualtaan vesipylvään on oltava vähintään kaksikymmentäviisi senttimetriä pitkä ja sen on sijaittava vähintään kahdeksan senttimetrin etäisyydellä pesualtaan reunoista. Pesualtaan leveyden ja pituuden summan tulee olla vähintään kaksikymmentäkolme senttimetriä. Pesualtaiden yhteyteen tulee asentaa saippua-annostelijat ja paperipyyhkeet. Ruokatilojen yhteydessä tulee olla kyltit, jotka osoittavat lähimmän käsienpesupaikan luokse. (48, s. 33, 35.)

### **Kosteudenhallinta**

Taloteknillisiin järjestelmiin tulee asentaa vesikalusteiden laitekohtaiset kalustesulut tai automaattiset sulkulaitteet hyvityspisteen saavuttamiseksi. Kaikkien sulkujen tulee sijaita helposti luokse pääsevissä paikoissa ja kohtuullisen etäisyyden päässä vesikalusteista. Vaihtoehtoisesti kohteeseen voidaan toteuttaa koko rakennuksen kattavan vuotohälytysjärjestelmän asennus. Ympäristöministeriö vaatii toteuttamaan kiinteistöjen vesivuodot helposti havaittaviksi. Kaikki vesijohdot sekä -laitteet tulee olla helposti tarkastettavissa, korjattavissa ja vaihdettavissa. Seinärakenteen sisälle sijoitettaviin kytkentäjohdot tulee olla yhtenäisiä eli niissä ei saa käyttää erillisliitoksia. Lisäksi kiinteistön märkätilojen lattiarakenteeseen ei saa toteuttaa läpivientejä putkille. Rakennuksissa pääsääntöisesti käytetään rakenteellisia ratkaisuja vesivuotojen havaitsemiseksi. Pystyjakojohtoihin tulee asentaa joko mekaaniset tai rakenteelliset vuodonilmaisimet. Suomen lainsäädäntöä noudattamalla WELL-sertifikaatin vaatimukset täyttyvät lähes automaattisesti. (48, s. 34; 51.)

### 3.3.3 Lämpöviihtyvyys

Lämpöviihtyvyydellä viitataan WELL-sertifikaatissa kiinteistön huonetilassa vallitseviin lämpöolosuhteisiin, joihin tilassa oleskelevat henkilöt ovat tyytyväisiä. Huonetilan olosuhteet vaikuttavat ihmisten terveyteen sekä hyvinvointiin, ja niillä voidaan vaikuttaa ihmisten työskentelyn tuottavuuteen. Lämpöviihtyvyydellä pystytään hallitsemaan myös rakennuksen energiankulutusta. Rakennuksessa oleskelevien tyytyväisten ja tyytymättömien henkilöiden määrät selittyvät suurimmaksi osaksi lämpöolosuhteiden vaihteluista. Liian korkeat tai matalat huonelämpötilat vaikuttavat tilassa työskentelevien henkilöiden tuottavuuteen. Eri rakennusmateriaalit ja niiden sisältämät epäpuhtaudet reagoivat jatkuviin huonelämpötilamuutoksiin, ja voivat näin ollen huonontaa tilan ilmanlaatua. Kategoriassa pyritään parantamaan sisätilojen viihtyisyyttä sekä ylläpitämään työntekijöiden tuottavuutta järjestämällä tiloihin käyttäjäkohtaisia säätömahdollisuuksia. (48, s. 92.)

#### Lämpömukavuus ja seuranta

Koneellisen ilmanvaihdon omaavissa kiinteistössä tulee toteuttaa lämpöviihtyvyyden arviointikysely PMV (Predicted Mean Vote) ja PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) -indekseillä. Kyselyt tulee toteuttaa ASHRAE 55-2013, ISO 7730:2005 tai EN 15251:2007-standardin ohjeiden mukaisesti. PMV on asteikko, mikä kuvaa lämpöaistimusta seitsemän erillisen pisteen avulla. Sitä käytetään lämpöolosuhteisiin tyytymättömien kuvaavan PPD-indeksin kanssa. WELL-sertifikaatin mukaan 98 %:ssa rakennuksen huonetiloista tulee saavuttaa vähintään 95 %:n osalta hyvät lämpömukavuuden olosuhteet niiden käyttöaikana. Tiloissa on saavutettava arviointikyselystä  $PMV \pm 0,5$  ja  $PPD \leq 10$  % tulokset. Tuloksiin tulee kuvata kaikki ne sääolosuhteet, joissa PMV- ja PPD-indeksitasot eivät toteudu huonetilojen käyttöaikana. Kyselyistä kerättyä dataa tulee verrata aikaisemmin kerättyjen kyselyiden tuloksiin, jottei poikkeavia sääolosuhteita esiinny vuoden aikana kuin kahdessa prosentissa rakennuksen huonetilojen käyttöajoista. (48, s. 93; 51; 60.)

Jatkuvasti käytössä olevissa tiloissa tulee saavuttaa kyselytulokset, jotka ovat  $PMV \pm 0,7$  ja  $PPD \leq 15$  %. Kaikissa huonetilojen laskelmissa tulee ilmoittaa lämmöneristävyysarvot ihmisen vaatetukselle ja henkilön aineenvaihdunnassa käytetty arvo. Kiinteistön huonetilojen sisälämpötila, säteilylämpötila ja ilmankosteus tulee mitata erillisillä kenttämittauksilla. Sertifikaatti mainitsee myös, ettei jakelu- ja ammattikeittiöissä toimintalämpötila saa nousta missään vaiheessa yli  $+27$  °C:n. (48, s. 93; 51; 60.)

Tavoiteltaessa lämpömukavuuden hyvityspistettä vaaditaan säännöllisesti käytössä olevien tilojen kyselyistä  $PMV \pm 0,5$  ja  $PPD \leq 10$  % indeksien saavuttamista tilojen normaalien käyttötuntien aikana. Tässäkin tapauksessa lämpöolosuhteet tulee todentaa erillisillä kenttämittauksilla. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä voidaan toteuttaa kiinteistön käyttäjille kaksi tyytyväisyyskyselyä vuoden aikana. Hyvityspisteitä myönnetään sen mukaisesti, kuinka moni käyttäjästä on tyytyväisiä huonetilojen lämpöolosuhteisiin kiinteistössä. Mikäli vähintään 80–90 % rakennusta käyttävistä henkilöistä ovat tyytyväisiä olosuhteisiin, saavutetaan kahdesta kolmeen hyvityspistettä. WELL-standardin viihtyvyysindeksit vaativat talotekniikkasuunnittelijoilta yleensä erillisen jäähdytyksen järjestämistä kiinteistöön ja vedon tunteen tarkasteluja. (48, s. 93; 51.)

Käytettäessä säteilyjärjestelmää tulee vähintään 50 % käytössä olevista tiloista kattaa joko vesikiertoisella lattialämmityksellä tai -jäähdytyksellä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää radiaattori- ja jäähdytysjärjestelmiä sekä sähköistä lattialämmitystä. Huoneilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja keskimääräistä säteilylämpötilaa tulee seurata vähintään kaksi kertaa vuodessa toteutettavilla kenttämittauksilla. Anturit täytyy asettaa riittävän etäälle kaikista häiriötekijöistä, kuten lämmönlähteistä, päätelaitteista, ikkunoista sekä ovista. Sertifikaatti mainitsee, että anturien tulee sijaita vähintään 1,1–1,7 metrin korkeudessa ja täyttää metrin etäisyys häiriötekijöihin. Mittauspisteet tulee sijoittaa jokaiseen kerrokseen, tilaan ja ilmansuuntaan. Toteutuksessa voidaan hyödyntää jatkuvaa seuranta mittaamalla huonetilasta vähintään kosteutta ja lämpötilaa. Jatkuvan seurannan tuloksia tulee kirjata rakennusautomaatiojärjestelmään vähintään kymmenen minuutin välein. Jokaiselle rakennuksen palvelualueelle tulee sijoittaa oma termostaattinsa ja lämpötilan käyttäjäkohtainen säätömahdollisuus. Tiloihin vaaditaan operatiivisen lämpötilan kenttämittauksia kahdesti vuodessa, ja kerättyjen tuloksien tulee olla  $\pm 1$  °C automaatiojärjestelmän keräämistä mittaustiedoista. (48, s. 94; 51.)

Yksi hyvityspiste saavutetaan mittaamalla huonetilan sisälämpöä, säteilylämpötilaa ja ilmankosteutta jatkuvan seurannan avulla. Mittauspisteet tulee sijoittaa samoilla periaatteilla kuin kenttämittauslaitteet sijoitetaan. Sensoreita tulee asentaa jokaiseen rakennuksen kerrokseen tai vastaavasti 325 neliömetrin alueelle, riippuen kumpi kriteereistä on tiukempi. Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta tulee mitata vähintään kymmenen minuutin välein, ja säteilylämpötilaa vähintään kolmen kuukauden välein. Saaduista mittaustuloksista tulee koostaa erillinen trendikäyrä, joka esittää esimerkiksi mediaani- ja keskiarvolämpötilat sekä niiden pysyvyyden. Kaikki käytössä olevat mittarit tulee kalibroida tai vaihtaa vuosittain. Lämpötilan ja kosteuden mittaustulokset tulee jakaa käyttäjien nähtäväksi infotaulun välityksellä tai verkkosivuston kautta. (48, s. 98; 51.)

## Lämpötilavyöhykkeet ja säteilylämpömukavuus

Mahdollistamalla lämpötilojen yksilöllisen säätömahdollisuuden käyttäjille, voidaan saavuttaa osiosta yhdestä kahteen hyvityspistettä. Vaatimuksena on toteuttaa seuraavien kriteerien perusteella kaikkiin säännöllisesti käytössä oleviin tiloihin vähintään yksi lämpötilavyöhyke

- jokaista 60 neliometriä tai kymmentä henkilöä kohden
- jokaista 30 neliometriä tai viittä henkilöä kohden tai
- jokaista alle 30 neliometriä tai alle viittä henkilöä kohden.

Periaatteena on valita vähiten vyöhykkeitä aiheuttava vaihtoehto ehdotetuista kokonaisuuksista. Tiloihin asennettavat termostaatit tulee sijoittaa vähintään metrin päähän lämmönlähteistä, ulkoseinästä, auringonvalosta ja ilmanvaihdon päätelaitteista. Kaikilla käyttäjillä on oltava mahdollisuus säätää tilan lämpötilaa hyödyntämällä termostaattia, tietokonetta tai mobiilisovellusta. (48, s. 95.)

Toimistorakennuksissa voidaan saavuttaa yksi lisäpiste, jos kerroskohtaisesti voidaan toteuttaa vähintään kolmen celsiusasteen lämpötilaero yli 200 neliömetrin avokonttoritiloihin ja yli kymmenen henkilön työtiloihin. Tilassa työskentelevällä henkilöllä on mahdollista valita hänelle sopiva työsken- telypiste eri lämpötila-alueelta. Säteilylämmityksestä ja -jäähdytyksestä voidaan saavuttaa hy- vityspiste lämmittämällä tai jäähdyttämällä kiinteistön lattiapinta-alasta 50 % joko sähköisellä tai vesikiertoisella lattialämmityksellä. (48, s. 95.)

## Ilman kosteus

Ilman kosteus tulee saada kiinteistössä pysymään 30–60 %:n välillä, jos tästä osiosta halutaan saavuttaa yksi hyvityspiste. Rakennuksen sisäilman ilmankosteutta tulee ylläpitää joko lisäämällä tai poistamalla huoneilman kosteutta. Ratkaisuna voidaan käyttää esimerkiksi ilmanvaihdon kostutusta, mikä auttaa pitämään sisäilman kosteuden sille sallituissa rajoissa. Rakennukseen voidaan toteuttaa erillissimulointi, joka osoittaa ilmankosteuden pysyvän edellä mainituissa rajoissa vähintään 98 %:ssa huonetilojen käyttöajoista. Mikäli simulointi osoittaa vaatimuksen täyttymisen, ei erillistä ilmankostutinta tarvitse järjestää rakennukseen. Suomen olosuhteissa tilanne voi vaatia ilman kostuttamista talvella, sillä ulkoilma on tällöin pääsääntöisesti kuivaa ja asettuu jopa alle 20 %:n tasolle. Sisäilmasto- ja ilmanvaihtoasetuksen 1009/2017 mukaisesti ilmankosteus tulee saada pysymään kiinteistön käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa. Asetus ei kuitenkaan mainitse erillisiä kosteusarvoja, jotka tulee saavuttaa. (48, s. 99; 54.)

### 3.3.4 Valo

Tavoitteena on edistää luonnonvalolle altistumista ja järjestää rakennukseen sellaisia valaistusympäristöjä, jotka ovat optimaalisia ihmisen terveydelle. Riittämättömällä valaistuksella tai huonolla valaistussuunnittelulla voidaan heikentää ihmisen vuorokausirytmää, unen laatua, mielialaa sekä tuottavuutta. WELL pyrkii parantamaan edellä mainittuja kohtia suunnittelua ja rakentamista ohjauvilla toimenpiteillä. (48, s. 57.)

Sertifikaatti vaatii järjestämään riittävän päivänvalon saannin rakennuksen huonetiloihin. Mikäli huonetiloihin ei ole mahdollista taata riittävää päivänvalon määrää, tulee tällöin hyödyntää sähkövalaistusta riittävän valoisuustason saavuttamiseksi. Valaistussuunnittelu tulee toteuttaa sisä- ja ulkotiloissa jonkin seuraavan valaistussuosituksen mukaisesti:

- IES Lighting Handbook 10th Edition
- IES Lighting Library
- EN 12464-1:2011
- ISO 8995-1:2002
- CIE S 008/E:2001
- GB50034-2013.

Valaistussuunnitelmissa tulee esittää muun muassa yksityiskohtaisesti käytettyjä vertailuohjeita ja huonetiloihin saavutettuja valaistustasoja. Kohteeseen tulee myös järjestää valaistusmittaukset, jotta toteutukset voidaan todentaa asessorin toimesta. (48, s. 58–59.)

Sirkadiaanisesta valaistuksesta on mahdollista saavuttaa kolme hyvityspistettä. Valaistus koskee säännöllisesti käytössä olevia tiloja, joiden käyttöaika on yhden päivän aikana vähintään yksi tunti. Valaistuksen todentamiseksi rakennukseen tulee toteuttaa kenttämittaukset. Valaistusta tarkastellaan melanooppisen luksiarvon EML:n mukaan (Equivalent Melanopic Lux). (48, s. 66.) Kaavassa 4 esitetään, kuinka EML-arvo lasketaan.

$$EML = E \times R$$

KAAVA 4

E = Valaistusvoimakkuus lx

R = Valonlähteen melanooppinen kerroin

EML = Melanooppinen luksiarvo

Valaistustasot tulee tarkastaa pystysuorasta tasosta mitattuna valaistusvoimakkuusmittarilla. Mittattavan tason tulee sijaita huonetilan käyttäjien silmien korkeudella. Työtasojen mittauskorkeutena tulee käyttää 45 senttimetriä työtason yläpuolelta. Sähköisissä tai manuaalisesti säädettävissä työpöydissä mittaukset tulee toteuttaa 115–125 senttimetrin ja 135–145 senttimetrin koroista. Mittauskorkeutena käytetään 140 senttimetriä, jos huonetilassa ei ole erillistä työpistettä. Pisteitä saavutetaan, jos käyttöpisteiltä mitataan vähintään 120–150 EML-arvot, ja huonetiloihin saavutetaan riittävästi päivänvaloa. Maksimipisteet saavutetaan, jos mittaukset osoittavat vähintään 180–240 EML:n mittauks tulokset, ja päivänvaloa saavutetaan riittävästi huonetilaan. Valaistustasot tulee saavuttaa vähintään klo 09.00–13.00 välisenä aikana, ja valaistusta on oltava mahdollista laskea illalla klo 20.00 jälkeen. Valaistussuunnittelussa voidaan hyödyntää IWBI:n sivustolta saatavaa laskuria, jolla voidaan määrittää melanooppinen kerroin valonlähteelle. (48, s. 60.)

Järjestämällä käyttäjälle valaistusympäristön ohjausmahdollisuuden, voidaan saavuttaa enintään kaksi hyvityspistettä. Ohjaukset tulee toteuttaa kaikille säännöllisesti käytössä oleville tiloille. Vaatimuksena on tällöin toteuttaa valaistus edellä esitetyn sirkadiaanisen valaistustavan mukaisesti. Valaisimien värilämpötilat tulee olla säädettävissä, ja valaistusjärjestelmän ohjauksen tulee automaattisesti säätää sirkadiaanista valaistusta huonetilassa käyttötuntien mukaisesti. (48, s. 65; 51.)

Kiinteistön käyttäjille voidaan järjestää valaistuksen säätömahdollisuudet huonetilakohtaisesti. Säädettävyyden tulee ohjata valaisimien valaistusvoimakkuutta ja värilämpötilaa. Käyttäjän tekemien muutoksien tulee yliajaa automaattisen ohjauksen asetukset vähintään 30 %:lla käyttötuntien ajasta. Ohjauslaitteet voivat olla esimerkiksi seinäasenteisia ohjauspaneeleita tai kaukosäätimiä. Toista hyvityspistettä tavoiteltaessa tulee huonetiloihin järjestää riittävästi lisävalaistusta. Ehtona on tällöin vähintään kaksinkertaistaa sisätyöpaikkojen valaistusvoimakkuudet valaistusstandardin EN 12464-1 mukaisesti. (48, s. 65; 51.)

### **3.4 RTS-ympäristöluokitus**

RTS-ympäristöluokitus on Rakennustietosäätiö RTS sr:n vuonna 2017 luoma ja ylläpitämä kansallinen rakennusten ympäristösuorituskyvyn johtamis- ja luokitusjärjestelmä. Se on kehitetty yhteistyössä rakennusalan kanssa. Se pohjautuu uusimpiin ja hyväksi todettuihin suomalaisiin rakennustapoihin, olosuhteisiin sekä lainsäädäntöön. Ympäristöluokituksen säädännöissä on huomioitu eurooppalaisia kestävästä rakentamisesta standardeja, joita kutsutaan myös CEN/TC 350 -



standardeiksi. Luokitus soveltuu tällä hetkellä uudisrakennuksille, peruskorjaushankkeille sekä kiinteistöille, joiden käyttötarkoitusta aiotaan muuttaa. Sertifikaatista on luotu erilliset versiot asuinkerrostaloille sekä toimitila- ja palvelurakennuksille. RTS on julkistamassa oman erillisen version pien- ja rivitalokiinteistöille, mutta sitä ei ole vielä julkaistu tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa. RTS-ympäristöluokitus on tarkoitettu pääsääntöisesti tilaajille sekä rakennuttajille, jotka haluavat rakentaa ympäristövastuullisesti ja kestävästi kehityksen mukaisesti. (16; s. 6–7; 61; 62.)

RTS-ympäristöluokituksen kriteeristö muodostuu viidestä eri pääkategoriasta. Sertifikaatin kategoriat esitetään taulukossa 18. Taulukkoon on kerätty pääryhmistä saavutettavat maksimipistemäärät. Pääryhmät koostuvat kolmestatoista eri alaryhmästä, joissa on valittavia kriteerejä yhteensä 28 kappaletta. Sertifikaatin kriteeristön perusteena on kestävä kehitys kolmijako, mikä painottuu taloudelliseen, ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyteen. Näitä täydentäviksi kokonaisuuksiksi on valittu rakentamisprosessin arviointi sekä uuden teknologian ja kehittämisen huomioiva innovointi. Innovaatiot koskevat rakennuttajan ja suunnittelijoiden yhdessä kehittämää parannuksia, joiden painoarvo on 20 % jokaista erillistä innovointia kohden. (61; 63, s. 3, 82.)

TAULUKKO 18. RTS-ympäristöluokituksen pääkategoriat (63, s. 3)



Hyväksyty arvosana saavutetaan toteuttamalla kaikki pakolliset vähimmäisvaatimukset tavoiteltavan arvosanalokan mukaisesti ja täyttämällä riittävästi valinnaisia pistevaatimuksia. Sertifikaatin vähimmäisvaatimukset painottuvat työmaan kosteustekniseen hallintaan, sisäilman laadun takaamiseen ja energiatehokkuuteen. Sertifikaatissa huomioidaan Euroopan unionin asettamia taksonomioita ja ympäristöministeriön säätämää ilmastaselvitystä. Arviointiasteikon avulla välitetään tietoa rakennushankkeen puolueettomasta tarkastuksesta sekä asetettujen ympäristö- ja laatuavoitteiden saavuttamisesta. (61; 63, s. 3.)

RTS-sertifikaatissa on käytössä numeraalinen, yhdestä viiteen tähteen oleva arviointiasteikko. Kuvassa 7 esitetään RTS-ympäristöluokituksen tavanomaisesta ympäristölaadusta aina erinomaiseen ympäristölaadun tasoon olevat arvosanat sekä niiden pisterajat. Maksimipistemääräksi on

määritetty sata pistettä ja vähimmäispistemääräksi 25 pistettä. Innovaatioista on mahdollista saavuttaa yhteensä kymmenen hyvityspistettä. Neljä ensimmäistä tähteä on mahdollista saavuttaa suunnittelun ja rakentamisen aikana, mutta viides tähti myönnetään vasta 1–2 vuotta rakennuksen luovutuksen jälkeen. Auditoinnin yhteydessä tarkastetaan kaikkien talotekniikkajärjestelmien toimivuudet rakennuksessa. Hyväksytyt käytön auditoinnin jälkeen voidaan kohteelle myöntää viides tähti eli erinomaisen luokitusarvosana. (63, s. 3–6; 64.)



KUVA 7. RTS-ympäristöluokituksen arvostusasteikot ja pistevaativuudet (63, s. 4)

Tilajalla tulee määrittää hankkeelle arvostusarvosanan tavoitetaso sekä asettaa vaatimukset sertifikaatin osiin, joiden avulla luokitus halutaan saavuttaa. Tilaja ja projektipäällikkö seuraavat hankkeen tavoitetason toteutumista aina kohteen luovutukseen saakka. Projektipäällikön tulee tarkistaa suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden raportit, sekä pisteyttää ne. Lopullinen arviointi tapahtuu Rakennustietosäätiön auditoijan kautta, joka käsittelee raportit, tarkistaa pisteytyksen sekä kuittaa ja myöntää arvostusarvosanan mukaisen ympäristöluokituksen hankkeelle. Hankkeissa voidaan hyödyntää erikseen ympäristökonsulttia esimerkiksi suunnittelu- ja rakennusvaiheen aikana. RTS tarjoaa hankkeille maksullista sähköistä työkalua, jolla voidaan kirjata ylös projektin etenemisen toimenpiteitä. (63, s. 5–6; 65; 66.)

Sertifikaatista on julkaistu uusi versio vuonna 2022, jossa on tiukennettu ympäristöluokituksen vähimmäisvaatimuksia vanhempaan versioon nähden. Siinä on huomioitu tulevia EU-taksonomiota ja Suomen hallituksen asettamia tulevaisuuden ympäristöystävällisiä vaatimuksia. RTS-ympäristöluokitus on aiemmin esitettyjä ulkomaalaisia sertifikaatteja kevyempi järjestelmä. Sertifikaatti perustuu laajasti erilaisiin kansallisiin käytäntöihin, kuten ilmastaselvitykseen, M1-emissioluokitukseen, E-luvun laskentaan, Kuivaketju10-kosteudenhallintajärjestelmään, päivänvalo- ja viherkertoimiin, iWater -resilienssiin sekä sisäilmastoluokitukseen. (63; 66; 67; 68.) Seuraavaksi työssä

käydään hieman tarkemmin läpi edellä mainittuja kansallisia käytäntöjä, jotta siirtyminen talotekniikkaan kohdistuviin vaatimuksiin on helpompaa.

### 3.4.1 Rakentamisen kotimaiset käytännöt

#### M1-luokitus ja ympäristöselosteet

M1-luokitus on Rakennustietosäätiön luoma ja myöntämä päästöluokka, joka kuvaa materiaalien sekä tuotteiden vähäpäästöisyyttä. M1-luokkaan on määritetty erilliset päästörajat, joita ei saa ylittää orgaanissa ja kemiallisissa yhdisteissä tuotemerkinnän saavuttamiseksi. Itse luokitus on vapaaehtoisesti haettavissa, mikäli mitatut päästöarvot alittuvat valmistetulla tuotteella. Kaikki hyväksytyt tuotteet listataan RTS-ympäristöluokituksen ylläpitämään hakupalveluun. Sieltä voidaan hakea ja tarkastella muita rakennukseen sopivia tuotteita sekä materiaaleja. M1-luokitus on ensimmäisen tyypin ympäristömerkki, ja se liittyy vahvasti sisäilmastoluokituksessa esitettyihin vaatimuksiin. (69.)

RTS-EPD (Environmental Product Declaration) eli materiaalien ympäristöseloste kuvaa rakennustuotteiden ympäristövaikutuksia, jotka on vahvistettu kolmannen osapuolen toimesta. Laskenta toteutetaan hyödyntämällä elinkaarianalyysia tuotteen elinkaaren ajalle. Ympäristövaikutukset lasketaan raaka-ainehankinnasta aina tuotteen loppusijoitukseen asti. Rakennuksen hiilijalanjäljenlaskennassa voidaan käyttää apuna EPD-tuotteita. Ympäristöseloste tuo tietoutta sekä ymmärrystä kaikille kiinteistön rakentamiseen ja suunnitteluun liittyville osapuolille. EPD-ympäristöseloste on kolmannen tyypin ympäristömerkki, mikä on vapaaehtoisesti haettavissa. (70.) Kuvassa 8 esitetään RTS:n myöntämien päästöluokkien tuotemerkinnät.



KUVA 8. RTS-ympäristöluokituksen päästöluokat (69; 70)

## Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitus ohjaa rakentamaan sekä suunnittelemaan kiinteistön käyttäjille terveellisempiä ja viihtyisämpiä olosuhteita sisätiloihin. Luokitukseen on kirjattu ohjeellisia ja tavoitteellisia arvoja, joita tulee saavuttaa suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä. Sisäilmastoluokitukseen kirjatut arvot ovat tavanomaiseen suunnitteluun nähden tiukempia, joten erilliset viittaukset työselostukseen ja muihin dokumentteihin on suotavaa kirjata ylös. Sisäilmastoluokituksen tärkeimmät ominaisuudet kohdistuvat työmaan puhtausluokitukseen ja M1-luokitukseen ilmanvaihtotuotteille, rakennusmateriaaleille sekä kalusteille. Dokumentti ohjaa ilmanvaihdon suunnittelua ja hyvien lämpöolosuhteiden toteuttamista rakennukseen sisäilmaluokilla S3, S2 ja S1. (44; 66.)

## Viherkerroin

Viherkerroinmenetelmällä arvioidaan rakennuksen tontin viherpinta-aloja. Tällä varmistetaan säilytettäviä luontoarvoja, monipuolisia viheralueita ja tontin vehreyttä kiinteistön alueella sekä sen ympäristössä. Viherkertoimen osamäärä saadaan jakamalla tontille laskettu ja pisteytetty viherpinta-ala tontin kokonaispinta-alalla. Viherkertoimen laskentamenetelmä esitetään kaavassa 5. Laskennalla voidaan saada kevennyksiä kaavamääräyksiin tai se voi olla osa kaavamääräystä. Tulevaisuudessa vaatimukseen lisätään EU-taksonomian asettamia vaatimuksia, mikä päivittää laskentamenetelmää. Toistaiseksi kyseisiä tietoja ei ole vielä julkistettu. (63; 71.)

$$\text{Viherkerroin} = \frac{\text{Pisteytetty viherpinta-ala (m}^2\text{)}}{\text{Tontin kokonaispinta-ala (m}^2\text{)}} \quad \text{KAAVA 5}$$

## E-luku

E-luku kuvaa energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen käyttöön perustuvaa vuotuista ostoenergiankulutusta kiinteistön lämmitettyä nettoalaa kohti. Se huomioi kaiken rakennuksen energiakulutuksen ja määrittää kuinka paljon rakennus tarvitsee ostoenergiaa. E-luku jaetaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan erillisiin luokitteluryhmiin, joissa energiatehokkuuden asteikko on määritetty. Esimerkiksi hallikiinteistön energiatehokkuuden asteikko on erilainen verrattuna toimistorakennukseen. RTS-ympäristöluokitus vaatii E-luvun laskentaa kohteelle, jotta kiinteistöstä voidaan tehdä riittävän energiatehokas. Pelkästään hyvien rakentamistapojen mukaisesti toteuttaminen ei ole riittävä toimenpide RTS-ympäristöluokituksessa. (72; 73.)

## **Päivänvalokerroin**

Päivänvalokertoimen määrittäminen pohjautuu eurooppalaisiin päivänvalostandardeihin. Se kuvaa vaakapinnalle tulevaa päivänvalon osuutta kattopinnalle tulevasta valomäärästä. Tarkemmat määrittäykset esitetään EN 17037:2018-standardissa. Päivänvalokerroin tulee laskea simulointiohjelmalla diffuusin valotilanteelle, eli hajavalolle. Laskennassa huomioidaan muun muassa ikkunan ominaisuudet, varjostukset sekä eri pintojen heijastavuudet. Päivänvalokertoimella vaikutetaan rakennuksen käyttäjien ja asukkaiden viihtyvyyteen sekä rakennuksen energiansäästöihin. Hyödyntämällä varjostuksia ja hyvää ikkunalasitusta, voidaan pienentää valaistuskuormien sekä jäähdytyskuormien määrää kiinteistössä. (63, s. 75; 66.)

## **Water-resilienssi**

Nykyiset kunnan ylläpitämät hulevesiverkostot ovat paikkakuntaakohtaisesti riittämättömiä. Tähän vaikuttaa sadannan määrien lisääntymiset aikaisempiin laskelmaperiaatteisiin nähden. Tällöin on tarvetta muokata puistoalueita ja muita viheralueita uudestaan, jotta alueiden hulevesikapasiteettia voidaan parantaa. Hulevesien kertymiseen ja hallintaan hyödynnetään sertifikaatissa iWater -resilienssia. Tontilla viivytettävän sadevesimäärää tulee verrata täysin kestopinnoitettuun tonttiin, jossa kaikki sadevesi ohjautuu tontilta pois. Laskennan sadantana tulee käyttää 0,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>:lle. Laskuri huomioi viivytyksessä erilaiset viheralueet, puustot, hulevesien hallintarakenteet sekä viivytysaltaat. (67; 74.)

## **Kuivaketju10**

Kuivaketju10 -toimintamallilla vähennetään mahdollisten kosteusvaurioiden syntymistä. Niitä tulee havainnoida suunnitteluvaiheesta aina kiinteistön elinkaaren loppuun saakka. Toimintamalli keskittyy kymmeneen erilaiseen riskikohtaan, jotka koskevat muun muassa ulkoisilta kosteusuhkilta suojaamista, ulkovaipan tiiveyttä, sisätilojen ylläpitoa, rakennusmateriaalien oikeanlaista suojaamista, sekä vesikalusteiden putkistojen huolellista asennusta ja viimeistelyä. Kosteusteknillisiä vaatimuksia tulee kirjata talotekniikkasuunnitelmien yhteyteen. Toimintamallin jokaiseen vaiheeseen on kirjattu luotettavia kuivumisaikatauluja takaamaan rakennustyölle kiitettävää laatua. Kuivaketju10 toimii hyvänä kosteudenhallinnan pohjana sekä prosessiohjeena, mutta sertifikaatti hyväksyy käytettäväksi myös muita kosteusteknillisiä ratkaisuperiaatteita. (75.) Seuraavaksi tässä työssä

tarkastellaan RTS-ympäristöluokituksen vaatimuksia, jotka kohdistuvat talotekniikan suunnitteluun ja toteutukseen.

### **3.4.2 Prosessi**

RTS-ympäristöluokituksen prosessivaiheissa vaatimuksien painoarvo kohdistuu hankkeen ja työmaan ohjaamiseen sekä kosteudenhallinnan toimenpiteisiin (63, s. 5). Seuraavissa osioissa käydään tarkemmin läpi niiden vaatimuksia ja vaikutuksia talotekniikkasuunnittelun toteuttamiseen rakennushankkeissa.

#### **Hankkeenohjaus**

Ryhmä koostuu kolmesta eri kriteeristä, joita ovat luokitustavoitteen ohjaus ja hallinta, talotekninen toiminnanvarmistus ja valvonta sekä käytön opastukset rakennuskohteessa. Luokitustavoitteen ohjauksesta ja hallinnasta voidaan saavuttaa pisteitä järjestämällä hankkeelle puolueeton suunnitteluarviointi ennen rakennuksen rungon valmistumista. Arvioinnin jälkeen hankkeelle sertifioidaan alustava arvosana, jota verrataan myöhemmin valmistuneen rakennuksen arvosanaan. Vaatimus täytetään, jos suunnitteluvaiheen arvioitu arvosana on vähintään sama kuin loppuarvioinnissa saavutetaan. Arvioinnilla edesautetaan hankkeen tavoitteiden saavuttamista. Osossa kiinnitetään huomiota suunnittelu- ja urakka-aineistoon sekä niihin liittyviin materiaaleihin. (63, s. 5; 66.)

Taloteknisen toiminnanvarmistuksen ja valvonnan kriteereitä on kiristetty aikaisemmin julkistettuun RTS-ympäristöluokitusversioon nähden. Toiminnanvarmistuksen suunnitelman sisältöä on päivitetty, ja siinä keskitytään laajemmin käyttööntöövaiheen toiminnanvarmistukseen ja valmistaudutaan laitteiston käyttööntöön jo suunnitteluvaiheen aikana (66). Sertifikaatissa vaaditaan hankkeelle nimitettäväksi rakentamisen ja suunnittelun valvojia, jotka vastaavat kohteen taloteknisestä toiminnanvarmistuksesta. Valittujen henkilöiden tulee olla riittävän päteviä asiantuntijoita. Vaatimuksesta tulee pakollinen, kun kohteelle haetaan vähintään kolmen tähden luokitusta. (63, s. 6–8.)

Rakennukseen tulee laatia talotekniikan käyttööntöövaiheen toiminnanvarmistussuunnitelma. Siinä tulee selkeästi jaotella eri urakoiden vastuurajat sekä tehtävät. Talotekniikkasuunnittelijoiden

tulee toimittaa alustava toiminnanvarmistussuunnitelma tarkasteltavaksi jo suunnitteluvaiheen aikana. Dokumentti tulee päivittää ja ottaa käyttöön viimeistään rakentamisvaiheessa. Saneerauskohteissa vaaditaan toteutettavaksi toiminnanvarmistuksia kaikkiin käyttöön jääviin järjestelmiin. Kaikkiin uudelleenkäyttöön otettaviin saneerattuihin järjestelmiin tulee toteuttaa riittävät säätötyöt. Talotekniikan asiantuntijat vastaavat toimintakokeiden toteuttamisesta tai osallistuvat vähintään valvojan roolissa toimintakokeiden toteuttamiseen. Toiminnanvarmistussuunnitelmaan tulee sisällyttää vähintään

- toiminnanvarmistusmenettelyn johtamiseen osallistuvat henkilöt sekä vastuualueet
- rakennuskohteessa tarkastettavat talotekniikkajärjestelmät ja tarkastuskohteet
- tarkastuskohteiden toimenpiteiden sisällöt ja dokumentaatio
- talotekniikkatarkastusten ajankohdat ja laajuudet
- laadunvarmistuksen aikataulu, jossa on huomioitu käyttöjakson jälkitarkastus
- takuujakson toimintakokeet, kausisäädöt sekä toiminnantarkastukset
- käyttöönoton toiminnanvarmistukset ja mittaukset, jotka esitetään vähintään seuraaville järjestelmille:
  - ilmanvaihto
  - lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä tai -verkosto
  - valaistuksen laatu ja ohjaus
  - uusiutuva energia
  - rakennusautomaatio
  - energiamittaukset. (63, s. 6–8; 66.)

Kaikki toiminnanvarmistukseen kirjatut mittaukset tulee toteuttaa ja dokumentoida mittauspöytäkirjoihin sekä muihin tarvittaviin dokumentteihin, joista koostetaan toiminnanvarmistuksen yhteenvedoraportti. Mittaustuloksia tulee verrata hankkeelle asetettuihin tavoitteisiin. Rakennukselle tulee toteuttaa kaikki tarvittavat korjaustoimenpiteet, jotta tavoitellut suunnitteluvarot saavutetaan. Säätötyöt ja mittaukset tulee toteuttaa parhaiden käytäntöjen mukaisesti. (63, s. 6–8; 66.)

Käytön opastuksessa varmistetaan käyttäjille riittävä perehdytys ja käyttöohjeet rakennuksen taloteknisten laitteiden käyttämiseen sekä ylläpitämiseen. Kiinteistön käyttäjille tulee luoda erillinen käyttäjäohje talotekniikan laitteistosta. Ohjeeseen tulee kirjata talotekniikan pääjärjestelmien kuvaukset sekä kiinteistölle asetetut energian- ja vedenkulutuksen ympäristötavoitteet. Sisäolosuhdeiden säädettävyyden tulee toteuttaa kuvallisella käyttöohjeella, jossa kerrotaan myös säätölaitteiden toiminnasta ja niiden vaikutuksista. Kaikkiin kiinteistössä sijaitseviin erityistiloihin tulee luoda omat

erilliset ohjeensa. Käyttäjähjeksi ei kelpuuteta pelkkää asukaskansiota, mutta asukaskansio voi toimia osana käyttäjähjettä. (63, s. 11–12; 67; 73, s. 12.)

Rakennuksen ylläpidosta vastaavalle henkilöstölle tulee koota erillinen perehdytysaineisto. Aineistolla tuetaan kiinteistön uusien ylläpitäjien perehdyttämistä. Sen täytyy sisältää perustiedot kaikista kiinteistön taloteknisistä järjestelmistä ja niiden toiminnasta. Käytön opastuksen vaatimukset ovat pakollisia toimenpiteitä vasta kun kohteelle haetaan vähintään kolmen tähden luokitusta. Aineistoon tulee sisällyttää vähintään

- huoltokirjan sisältö ja käytön vaatimukset
- eri tilatyypin olosuhteiden hallinnat tilasäätimillä ja ohjausantureilla
- lämmitysjärjestelmän kuvaus ja oletussäädöt
- ilmanvaihtojärjestelmän yhteenvedotiedot ja palvelualuekuvat
- ilmanvaihtokoneiden toimintaselostukset
- ilmanvaihdon käyttöajat ja ohjausarvot
- tilaohjausten toimintaperiaatteet ja -selostukset
- kylmäkoneiden ja -verkostojen toiminnan yhteenvedot ja toimintakaaviot
- teknisten järjestelmien toimintakaaviot
- valaisinluettelo ja -ohjausten yhteenvedo
- kulutusmittarit ja mittauksien kuvaukset
- erityisjärjestelmien toimintakuvaukset ja säätökaaviot. (63, s. 12; 67, s. 12.)

## **Kosteudenhallinta**

Ympäristöluokituksen kosteudenhallinta koostuu kahdesta eri kriteeristä, jotka ovat kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa ja työmaan aikana. Osion toimenpiteet on määritetty ympäristöluokituksessa valinnaisiksi pistevaatuksiksi. Tavoiteltaessa hankkeelle arvosanaksi vähintään tavanomaista parempaa ympäristölaatua tai sitä korkeampaa luokkaa, vaatimukset muuttuvat pakollisiksi toimenpiteiksi. (63, s. 13–16.)

Talotekniikan suunnittelijoiden tulee suunnitelmissaan huomioida kosteudenhallinnan riskitekijöitä, joita pyritään hallitsemaan toimivilla suunnitteluratkaisuilla. Tämä vaatii kosteusteknisen riskitarkastelun toteuttamista, mikä voi perustua Kuivaketju10 -toimintamalliin tai muuhun vastaavanlaiseen kosteudenhallinnan toimintamalliin. Suunnittelijoilla tulee perustella



suunnitelmissaan, kuinka eri kosteusriskien hallintaa ja poistamista on toteutettu suunnitteluratkaisuissa. Tämä voi vaatia erillisten kosteusteknisten detaljikuvien laatimista. Suunnittelijoilla tulee kuitata hankkeessa toteuttavat kosteusteknilliset ratkaisut täytetyiksi riskitarkastelun tarkastuslistaan. (63, s. 13–15; 66.)

Peruskorjatuissa kohteissa tulee laatia kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, jossa huomioidaan suunnitteluvaiheen kosteuden riskikohteita. Talotekniikkasuunnittelussa tulee kiinnittää huomioita muun muassa vesikaton ja ulkoseinien läpivientien tiivyyteen, ilmanvaihdon ilmamäärien riittävyyteen ja säätämiseen, märkätilojen liiallisen kosteuskuorman poistoon sekä vesiputkien asentamisesta suojaputkeen ja niiden koeponnistuksien toteuttamisesta. Näiden lisäksi tulee varmistaa, että rakennuksen märkätiloissa on riittävästi lattiakaivoja. Huomio tulee kiinnittää vedeneristyksiin, läpivienteihin ja lattiakaatoihin, joiden tulee olla laadukkaasti toteutettuja. Työmaalla tulee huolehtia materiaalien riittävästä suojaamisesta. (63, s. 13–16; 66.)

Kosteudenhallintakoordinaattori määrittää rakennukselle kosteuden riskiluokkavaatimuksen. Kohteelle tulee nimetä riittävän pätevä ja puolueeton kosteudenhallintakoordinaattori, joka vastaa vain kosteusteknisten riskien arvioinnista. Kyseinen henkilö ei saa olla muussa suunnitteluvastuussa hankkeen aikana. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtäviin kuuluu myös varmistaa riskirakenteiden detaljit, suojaukset ja rakentamisaikataulun riittävyys materiaalien kuivumisaikojen takaamiseksi. Työmaan kosteudenhallinta tulee toteuttaa parhaiden kansallisten käytäntöjen mukaisesti. Kohteen rakentamisvaiheelle tulee nimetä oma kosteudenhallintakoordinaattori, joka tarkastaa ja hyväksyy työmaan kosteudenhallintariskejä sisältävien työvaiheiden toteutukset. (63, s. 14–15.)

## **Työmaan ohjaus**

RTS-ympäristöluokitus kiinnittää huomiota työmaan ohjaukseen. Osio koostuu kahdesta eri kriteeristä, jotka ovat työmaan ympäristövaikutukset ja puhtaudenhallinta. Osiot on määritelty sertifikaatissa valinnaisiksi vaatimuksiksi. Tavoitteena on toteuttaa energiatehokas työmaa, jonka ympäristövaikutukset ja -riskit ovat hallinnassa. Rakennuksen työmaa-aikainen valaistus tulee toteuttaa energiatehokkaasti ja tarveohjauksella. Lisäksi tulee huolehtia ulkovalaistuksen oikeanlaisesta suuntaamisesta. Rakennuksen työmaa-aikainen sisävalaistus tulee myös toteuttaa tarveohjattuna ja energiatehokkaana. Työmaan lämmön-, sähkön- ja vedenkulutusta tulee seurata vähintään kuukausittain kirjallisella dokumentoinnilla. (63, s. 22–23, 26–28; 66.)

Saneerauskohteissa voidaan työmaan lämmön-, sähkön-, ja vedenkulutusta seurata saneerattavan rakennuksen päämittauksien kautta. Tällöin työmaan käyttämää sähköä ei tarvitse erillismittaa, jos se sisältyy rakennuksen energiamittauksiin. Työmaalta pois johdettavat hulevedet tulee käsitellä vähintään hiekanerotuskaivon kautta, ennen niiden johtamista kunnalliseen hulevesiverkostoon tai vesistöihin. Kyseinen toimenpide tulee esittää vähintään aluesuunnitelman yhteydessä. (63, s. 26–27; 67, s. 24.)

Puhtaudenhallinnan vaatimuksena tulee työmaalle laatia P1-luokan puhtaudenhallintasuunnitelma. Suunnitelmassa tulee esittää kohteelle vaadittavien toimenpiteiden toteutusperiaatteet ja puhtaudenhallinnan menetelmät ilmanvaihtojärjestelmien asennuksien ajalle. Ilmanvaihtotyöt tulee toteuttaa pölyttömässä ja imuripuhtaassa tilassa. Käyttöönottotarkastuksista tulee laatia tarkastuspöytäkirjat ja ilmanvaihtokanaviston pölymäärät tulee tarkastaa vähintään pistokokein ennen toimintakokeiden toteuttamista. Erillispoistojen puhtautta ei tarvitse erikseen tarkistaa. Talotekniikkasuunnittelijoilla tulee kirjata tarvittavat toimenpiteet työselostuksiin, jotta kiinteistön varmistetaan riittävän tehokasta työmaan puhtaudenhallintaa. (63, s. 26–28; 66.)

### **3.4.3 Talous**

RTS-ympäristöluokituksen taloudellisissa toimenpiteissä kiinnitetään huomiota kiinteistön elinkaarikustannuksiin, ylläpidettävyyteen, kulutuskestävyyteen ja tilojen muuntojoustavuuteen (63, s. 29–37). Seuraavissa osioissa käydään tarkemmin läpi niiden vaatimuksia ja vaikutuksia talotekniikkasuunnitteluun.

#### **Elinkaarikustannus**

Ympäristöluokituksessa huomioidaan hankkeen elinkaari- ja ylläpitokustannuksia, ja pyritään vähentämään kiinteistön käytönaikaisia kustannuksia sekä edistämään rakennuksen ylläpidettävyyttä. Kohteelle pitää asettaa elinkaaritavoitteet, joiden laskenta tulee olla toteutettuna ennen suunnitteluvaiheen loppua. Talotekniikan elinkaarilaskelmissa tulee esitellä pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS), jossa esitetään kohteeseen arvioituja talotekniikan ylläpito- ja korjauskustannuksia seuraavan 50 vuoden ajalta. Taloteknisten järjestelmien vertailua voidaan tehdä jo ennen suunnittelun varsinaista aloittamista. Vertailussa tulee huomioida laitteiston investointi-, huolto-, ylläpito- ja energiakustannukset. Saneerauskohteissa tulee myös huomioida käyttöön jäävien järjestelmien

korjaustarpeet. Talotekniikan suunnittelijoilla tulee osallistua erillispalaveriin, jossa tarkastellaan toteutunutta elinkaarikustannuslaskelmaa. Palaverissa tulee pohtia vaihtoehtoisia ratkaisuja ylläpito-kustannusten leikkaamiseksi, jos ne ovat liian suuria. Palaverissa esitetyt asiat ja päätökset tulee kirjata muistioon. Kokousasiakirjat tulee toimittaa projektin muille osapuolille. (63, s. 29–31; 66.)

## **Ylläpidettävyys**

Rakennuksiin on välttämätöntä toteuttaa huoltotoimenpiteitä sen elinkaaren aikana. Tämän osion tavoitteena on huolehtia talotekniikan laitteiston ja rakennuksen ylläpidosta jo suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa tulee huolehtia riittävien haalausreittien toteuttamisesta, jotta suurten taloteknisten laitteiden vaihtaminen on mahdollista niiden rikkoutuessa. Tämä vaatii suunnittelualojen välistä yhteistyötä, jotta voidaan rakenteellisesti ja arkkitehtuurisesti varmistaa riittävät huoltoreiitit ja -tilat talotekniikan komponenteille. Haalausreiteistä tulee esittää erillinen suunnitelma, jonka suunnittelijat kuittaavat. Vesikatolle ja ullakolle tulee myös järjestää riittävät huoltoreiitit talotekniikan laitteistoille. (63, s. 34–35; 66.)

Kaikkien taloteknisten laitteiden tulee sijaita helposti luokse pääsevissä paikoissa. Huonetiloissa sijaitsevien mittareiden ja sulkuventtiilien luokse pääseminen täytyy järjestää portailla, jos tilan huonekorkeus on alle kolme metriä. Tätä korkeammassa tiloissa tulee huomioida venttiilien ja mittareiden sijoitukset sellaiselle sijainnille, joissa huoltaminen ja tarkastaminen on kohtuullisen helposti toteutettavissa. Korkeiden tilojen valaisimen huolettavuuden takaamiseksi tulee niiden vaihtotoimenpiteet suunnitella etukäteen. Kohteisiin tulee myös toteuttaa kerroskohtainen siivoustila, johon sijoitetaan viemärintyhyde sekä vesipiste. (63, s. 34–35; 66.)

## **Muuntojoustavuus**

Rakennuksen tilojen muuntojoustavuudessa tulee talotekniikkasuunnittelijoilla ottaa huomioon teknillisten laitteistojen sijoituksia, ja mahdollistaa tilojen käyttötarkoituksien muuttaminen mahdollisimman vähäisillä teknillisillä muutostoimenpiteillä. Toimenpiteistä tulee koostaa teknisten ratkaisujen asiakirja, johon kirjataan tilojen muuntojoustavuuden mahdollisuudet. Taloteknisten putkistojen ja kaapeleiden sijoittamista rakennuksen väliseiniin tulee välttää mahdollisimman laajasti, jotta ne eivät estä väliseinien poistoa myöhemmin. Teknisten ominaisuuksien muutoksista tulee uudet mitoitusarvot listata dokumentteihin muun muassa valaistuksesta, ilmanvaihdosta ja jäähdytyksestä. Lisäksi on hyvä varautua sekä mahdollistaa uusien vesipisteiden ja viemärireittien

toteuttamiset. Automaatiosuunnittelijalla kannattaa varautua käyttötarkoitusten muutoksiin erillisillä valvonta-alakeskuksen pistevarauksilla, jotka voivat lisääntyä esimerkiksi palo-osastointien muuttuessa. Vaatimukset kohdistuvat myös asuinrakennuksiin, vaikkakin niissä muuntojoustavuuden toimenpiteet voivat olla haastavampia toteuttaa. (63, s. 36–37; 66; 67, s. 38–39.)

#### **3.4.4 Ympäristö ja energia**

Ympäristöluokituksen talotekniset vaatimukset kohdistuvat tässä osiossa hiilijalanjäljen laskentaan, energiankäyttöön ja -mittauksiin, vähän vettä kuluttavien kalusteiden valintaan sekä kiinteistön ympäristövaikutusten minimointiin (63, s. 38). Seuraavissa osioissa käydään läpi asetettuja vaatimuksia niiden vaikutuksia talotekniikkasuunnitteluun.

##### **Hiilijalanjälki**

Elinkaaren hiilijalanjäljessä tulee laskea rakennuskohteen rakentamisen, elinkaaren ja materiaalien aiheuttamat hiilidioksidipäästöt. Laskenta tulee toteuttaa ympäristöministeriön vähähiilisyiden arviointimenetelmän mukaisesti, joka julkaistiin vuonna 2022. Laskennassa tulee hyödyntää rakentamisen päästötietokantaa sekä valmistajien ympäristöselosteita. Tuotevaiheen hiilijalanjäljen laskennassa tulee huomioida kaikki alue-, talo-, tila- ja talotekniikkaosat. Hiilijalanjäljenlaskennasta saatuja tuloksia voidaan verrata vastaavanlaisten kohteiden hiilijalanjälkiraportteihin. Laskennan toteuttajalla tulee analysoida laskentojen poikkeamat ja koostaa siitä raportti. Talotekniikasta tulee koota yhteen joko rakennuksen kaikkien taloteknisten järjestelmien hiilijalanjälkipäästöt tai eritellä jokaisen taloteknisen aselajin päästöt omakseen. Laskennassa voidaan hyödyntää rakennustyyppikohtaisia oletusarvoja, jolloin ei ole välttämätöntä laskea jokaista kulutustietoa erikseen. (63, s. 38–40; 66.)

Hiilijalanjäljen laskennassa tulee hyödyntää energiatodistukseen toimitettuja pohjatietoja sekä tarvittaessa tuotevaiheen, työmaan ja kunnossapidon laskennoista saatuja tuloksia. Laskentatuloksia verrataan tämän jälkeen rakennus- ja käyttövaiheen hiilijalanjäljen vertailutasoon, joka määrittelee saavutettujen hyvityspisteiden määrän. Talotekniikkasuunnittelijoiden tulee toimittaa energialaskentaan laitteistojen energiankulutustiedot. Näiden pohjalta määritetään rakennuksen elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt. Toteuttamalla säästöjä vähintään kuusi prosenttia vertailutasoon verrattuna, saavutetaan ensimmäinen hyvityspiste. (63, s. 38–40; 66.)

## Energiatehokkuus ja mittaukset

Rakennukselle tulee toteuttaa E-luvun laskenta. Laskentaan vaaditaan energiatodistuksen ylemmän tason laatijan pätevyyttä. Rakennuksen energiatehokkuus arvioidaan aina sen pääkäyttötarkoituksen mukaisesti. Mikäli rakennuksessa on useita eri käyttötarkoituksia, RTS-ympäristöluokitus vaatii laskennassa määräystasona käytettäväksi pinta-alapainoitettua keskiarvoa ja A++ -energialuokkaa. Taulukossa 19 esitetään määräystason mukainen E-luvun minimivaatimus rakennustyypeittäin. Tavoiteltaessa osion hyvityspisteitä tulee laskennasta toteuttaa prosentuaalinen vähennys määräystasoon nähden. Uudisrakennuksissa on tähdättävä A-energialuokkaan ja saneerauskohteissa C-energialuokkaan. (63, s. 44–46; 67, s. 47–49.)

TAULUKKO 19. RTS-ympäristöluokituksen energialuokkarajat (63, s. 44–45; 67, s. 47–48)

	Arvosana	Rivitalo	Kerrostalo	Toimisto	Liike	Majoitus	Opetus	Liikunta	Sairaala
Määräystaso		105	90	100	135	160	100	100	320
	10 %	100	87	96	126	146	98	98	303
2- tähteä (minimi)	20 %	93	80	89	117	132	89	89	285
3- tähteä (minimi)	30 %	88	75	85	108	118	84	84	269
4- tähteä (minimi)	40 %	83	73	80	99	104	82	82	252
	50 %	80	75	76	90	90	80	80	235
	60 %	75	70	73	84	84	74	74	218
	70 %	70	66	70	79	79	70	70	201
	80 %	65	61	65	73	73	68	68	184
	90 %	60	57	60	68	68	65	65	167
	100 %	56	53	56	63	63	63	63	150

	Arvosana	Rivitalo	Kerrostalo	Toimisto	Liike	Majoitus	Opetus	Liikunta	Sairaala
C-energialuokka		150	130	170	240	240	170	170	450
	10 %	141	122	159	222	222	159	159	420
2- tähteä (minimi)	20 %	131	115	147	205	205	149	149	390
3- tähteä (minimi)	30 %	122	107	136	187	187	138	138	360
4- tähteä (minimi)	40 %	112	99	124	169	169	127	127	330
	50 %	103	91	113	152	152	117	117	300
	60 %	94	84	102	134	134	106	106	270
	70 %	84	76	90	116	116	95	95	240
	80 %	75	68	79	98	98	84	84	210
	90 %	65	60	67	81	81	74	74	180
	100 %	56	53	56	63	63	63	63	150

Energiatodistukseen tulee aina kirjata ohjearvoja paremmat laskenta-arvot, jotta laskennan oikeellisuus voidaan varmentaa. Talotekniikan tiedot vaaditaan toimitettavaksi muun muassa rakennuskohteen ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteesta, tuloilman lämpötilasuhteesta, arvioidusta jäätymisenestön lämpötilasta ja vuosihyötysuhteen tasauslaskennasta. Valaistuksesta vaaditaan valaistustehojen DIALux-laskentaa ja tilaohjauksien kuvausta. Suunnittelualojen tulee toimia tiivisti yhteistyössä keskenään, jotta energialuokituksen vaatimiin tavoitteisiin päästään. Parantamalla esimerkiksi rakenteiden ja ikkunoiden U-arvoja sekä ilmatiiveyttä, voidaan rakenteellisesti keventää talotekniikan vaateita. Tämä luo mahdollisuuden

toteuttaa rakennuksia kustannustehokkaammin ja ympäristöystävällisemmin. (63, s. 44–46; 66; 67, s. 47–49.)

Kiinteistön energianmittauksista saavutetaan hyvityspisteitä. Kohteessa tulee mitata koko kiinteistön lämmitysenergian tuotantoa tai ostoenergian määrää jokaisesta erillisestä lämmönlähteestä. Rakennukseen tulee laatia mittarointisuunnitelma kaikista mitattavista energiantuotannoista ja yhdistää ne rakennusautomaation jatkuvaan seurantaan. Rakennukseen tulee myös toteuttaa vähintään jatkuva toiminnantehokkuusseuranta lämmitys- ja jäähdytyspumppujen tuotannon hyötysuhteen mittauksille. Sertifikaatti vaatii myös mitattavaksi lämpimän käyttöveden kulutusta. Se voidaan kuitenkin määrittää laskennallisesti kulutusmittauksien avulla. (63, s. 47–48; 66; 67, s. 50–51.)

Sähkönkulutuksessa tulee mitata vähintään ilmanvaihdon ja koko jäähdytysjärjestelmän kuluttamaa sähköä sekä asukkaiden, vuokralaisten tai suurempien tilakokonaisuuksien, kuten liiketilojen sähkölukutusta erinäisillä alamittauksilla. Kaikista energiankäytön mittauksista tulee koota rakennusautomaation avulla tunti-, päivä-, viikko- ja kuukausitason seurantatieto. Mittaustiedot tulee järjestää käyttäjien nähtäville. Asuinkerrostaloissa seurantatiedot tulee jakaa käyttäjille reaaliajassa. Ratkaisussa voidaan hyödyntää esimerkiksi asuntokohtaista näyttöä, internet-sivuja tai jakamalla tiedot koko rakennuksen kuluttamasta sähköenergiasta kerroskohtaiselle tai aulakohtaiselle näyttöpaneelille. (63, s. 47–48; 66; 67, s. 50–51.)

Tavoitekulutuksen laskennasta tulee pääjärjestelmien kulutukset laskea vuosi-, kuukausi- ja viikkotasolla. Laskennan tulee perustua dynaamiseen simulointiin tuntitasoisen laskennan mukaisesti. Laskenta tulee päivittää käyttöönoton yhteydessä mittaustulosten ja toteutuman mukaiseksi, jos suunnitteluvaiheen arvioidut laskennat poikkeavat todellisista arvoista. Laskennoista tulee koostaa erillinen raportti, johon on koottu kohteen tärkeimmät laskentaoletukset. Näitä oletuksia ovat muun muassa ilmanvaihtokoneiden käyttöajat ja hyötysuhteet, tarpeenmukaisen ohjauksen vaikutukset, lämpimän käyttöveden kulutustavoite, lämpimän käyttöveden kiertojohdon jäähtymä, jäähdytystuotannon COP-lämpökertoimet, ohjausarvot, tilajäähdytyksen tehot sekä pääjärjestelmien kulutustavoitteet ja muiden tärkeiden energiantuotantojärjestelmien hyötysuhteet. (63, s. 49–50; 66; 67, s. 52–53.)

Sähkön tavoitekulutuksen laskemiseksi tulee määrittää tilatyypin valaistuksen käyttöajat, ohjaukset ja ominaistehot, ilmanvaihdon kuluttama sähköenergia sekä eri prosessien

tavoitekulutukset. Kaikille järjestelmille tulee laskea arvioidut pohjatehotavoitteet rakennuksessa käytettävistä järjestelmistä. Lämmönkulutukselle tulee laskea päivätasoinen ominaiskulutustavoite kWh/d, joka on suhteutettu ulkolämpötilaan. Energiankäytön tavoitteita tulee asettaa vähintään tilalämmitykselle, lämpimälle käyttövedelle, yleisten tilojen valaistukselle, ilmanvaihtokoneiden ottamalle sähköenergialle, jäähdytysjärjestelmälle, merkittävälle prosessikokonaisuuksille ja vuokralaisten käyttösähkön kulutuksille. (63, s. 49–50; 66; 67, s. 52–53.)

Kaikilta energiatodistuksen laskentaan kuulumattomilta talotekniikan järjestelmiltä vaaditaan hyvien käytäntöjen mukaista energiatehokkuutta ja ohjausta. Tavoitteena on toteuttaa järjestelmät mahdollisimman energiatehokkaasti huomioiden niiden ympäristövaikutuksia. Energiaa merkittävästi kuluttaviksi järjestelmiksi kuvataan sertifikaatissa muun muassa yli yhden kilowatin ulkovalaistuksia, julkisivu- ja korostusvalaistusta, kylmälaitteita, puolilämpimiä tai lämpimiä autohalleja ja yli viiden kilowatin aluesulanapitojärjestelmiä sekä keittiöitä, jotka valmistavat yli 500 annosta vuorokaudessa. Jokaisella järjestelmällä on lisäksi omat erilliset lisävaatimuksensa, jotka tulee sertifikaatissa täyttää. Esimerkiksi julkisivuvalaisimien valotehosta tulee saavuttaa yli 70 lm/W:lle- Valaisimien ohjaustoiminto on järjestettävä valoisuusanturia tai aikaohjelmaa hyödyntäen. Vaatimukset eivät koske esimerkiksi kaupan kylmäjärjestelmiä, palvelintiloja tai ravintolakeittiöitä. (63, s. 51–52; 66; 67, s. 54–55.)

## **Vesi**

RTS-ympäristöluokituksessa optimoidaan ja mitataan kiinteistön vedenkulutusta. Kaikki kiinteistössä huomattavasti vettä kuluttavat kylmän ja lämpimän veden osuudet tulee varustaa erillismittareilla. Mittarit tulee liittää jatkuvan seurannan piiriin rakennusautomaation kautta. Esimerkiksi kaikki valmistus- ja jakelukeittiöt, pesulatilat sekä asuinhuoneet tulee varustaa omilla vesimittareillaan. Asuinhuoneissa vesimittareiden tulee olla etäluettavissa, ja mittaustietoja on käytettävä laskutuksen perusteena. Kaikki mittaustiedot tulee jakaa asukkaiden nähtäväksi huoneistokohtaisen näytön avulla. Ratkaisulla pyritään vaikuttamaan käyttäjän käyttöveden kulutukseen. Automaatiosuunnitelmissa tulee esittää mittareiden tyyppikuvaukset ja periaatekaaviot. (63, s. 53–54; 66; 67, s. 56.)

Kohteeseen voidaan toteuttaa automaattinen vuotohälytysjärjestelmä. Se tulee toteuttaa vähintään päävesimittarin yhteyteen. Hälytyksellä tulee tunnistaa putkirikko tai huomattava käyttöveden kulutus ja ilmoittaa siitä välittömästi kiinteistön huoltohenkilökunnalle. Vuotohälytysjärjestelmällä

tulisi pystyä tunnistamaan pienemmät vuodot esimerkiksi vähimmäisvirtaaman seurannan kautta. Järjestelmässä tulee tapahtua hälytys, jos käyttöveden kulutus ei saavuta koskaan nollakulutusta. Hälytys voidaan toteuttaa normaalina huoltohälytyksenä, jos vuotohälytyksen anturit voidaan sijoittaa rakennuksessa havaittuihin riskipaikkoihin. Asuinhuoneistoissa vuotohälytyksen toteutus ei ole välttämätöntä. Tarkempi hälytyksien kuvaus ja toimintarajat tulee esittää esimerkiksi automaatiosuunnitelmien yhteydessä. Käyttövesiverkosto tulee myös varustaa erillisellä paineensäädöllä vedenkulutuksen hallinnoimiseksi. Yleensä energialaskennan vaatimuksena on varustaa päävesimittari vakiopainesäätimellä. Paineensäädöstä tulee esittää tarvittavat tiedot lvi-suunnitelmissa. (63, s. 53–54; 66; 67, s. 56.)

Rakennukseen voidaan asentaa vähän vettä kuluttavia saniteettikalusteita. Suunnittelijalta tämä vaatii kalusteluettelon tarkempien kalustevirtaamatietojen täydentämistä. Työmaa-aikana tulee kohteeseen toteuttaa kalustevirtaamien mittaukset ja koota niistä mittauspöytäkirja, joka todentaa vesivirtaamien olevan suunnitelmien mukaisia. Vaatimus koskee vain vesikalusteesta saatavaa virtaamaa. Käyttövesiverkosto tulee suunnitella nykyisten hyvien käytäntöjen, lainsäädännön ja suunnitteluohjeiden mukaisesti. Kalusteille tulee myös taata riittävä verkostopaine. Pienivirtaamisten kalusteiden valinnassa tulee huomioida niiden olevan CE-merkittyjä. Hyvityspisteiden saavuttamiseksi vesikalusteilla tulee täyttää vähintään seuraavat virtaamatiedot:

- wc-istuimet kaksoishuuhtelulla 6/3 l / huuhtelu
- asuntojen wc-istuimet kaksoishuuhtelulla 4/2,5 l / huuhtelu
- wc-istuimet yksihuuhtelulla 4,5 l / huuhtelu
- urinaalit vedettöminä tai enintään 2 l / huuhtelu; automaattinen ohjaus
- pesuallashanat, enintään 5 l / min
- suihkuhanat, enintään 8 l / min
- asuntojen suihkuhanat, enintään 11 l / min. (63, s. 53; 66; 67, s. 56.)

Virtaamavaatimuksien täyttämiseksi voidaan kiinteistöissä hyödyntää kalustekohtaisia virtaamarajoittimia. Virtaamavaatimukset eivät koske rakennuksen aputilahanoja tai erityistilojen vesikalusteita. Sertifikaatti mahdollistaa vesikalusteiden ominaiskulutuksen laskemisen kalustemäärällä painotetun keskiarvon perusteella. Tällä mahdollistetaan yksittäisen vesikalusteen virtaaman suurempi arvo kuin on vaatimuksessa vaadittu. Suunnittelijalla tulee esittää selkeät virtaamalaskennat todentamisen helpottamiseksi. Peruskorjauskohteissa kaikkien vesikalusteiden virtaamatasot tulee säätää vähintään normivirtaamatasoon. (63, s. 54; 67.)



## **Vaikutukset ympäristöön**

Ympäristöluokitus kiinnittää huomiota tontin viherrakentamiseen, huleveden hallintaan sekä turvallisuuteen ja pyöräilyyn. Viherrakentamisessa taataan luonnon monipuolisuutta, kasvillisuuden elinvoimaisuutta ja huomioidaan tontin hulevesien hallintaa. Lvi-suunnittelijalla tulee huolehtia riittävästä hulevesien hallinnasta. Viivytettävän sadevesimäärän laskennassa tulee hyödyntää viherkerroin-määritelmää. Huleveden viivytysjärjestelmän tulee kattaa vähintään 75 % koko tontin sadannasta. Sadeveden määrä tulee laskea täysin kestopinnoitetulle tontille. Laskennassa tulee käyttää sadannan arvona 0,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>:lle. Viivytyksessä huomioidaan tontille määritetyt kasvillisuudet, puustot, viheralueet ja luonnolliset sekä teknilliset viivytysratkaisut. Laskennat toteutetaan iWater-laskentamenetelmällä. (63, s. 55–57; 67.)

Turvallisuuden ja pyöräilyn osiossa sähkösuunnittelijoilla tulee huomioida liikennereittien riittävästä valaistuksesta. Liikennealueiden valaistustasoille on asetettu erilliset vaatimukset EN 12464-2 -standardissa. Valaistustason riittävänä tasona pidetään keskimääräisesti kevyen liikenteen alueilla kymmentä luksia, ja ajoneuvoliikenteen alueella kahtakymmentä luksia. Pyöräilijöille tulee myös järjestää julkisiin rakennuksiin riittävästi peseytymistiloja ja pukukaappeja. Pukuhuoneiden yhteyteen tulee asentaa vähintään yksi kuivauskaappi. Asuinrakennuksissa vaaditaan polkupyörille erillistä pesu- tai huoltopistettä, joka on varustettu vesipisteellä, pesusuihkulla ja öljynerotuskaivolla. Kaikki mainitut vaatimukset tulee huomioida lvi- ja sähkösuunnitelmissa. (63, s. 58–61; 67, s. 60–61.)

### **3.4.5 Sisäilma ja terveellisyys**

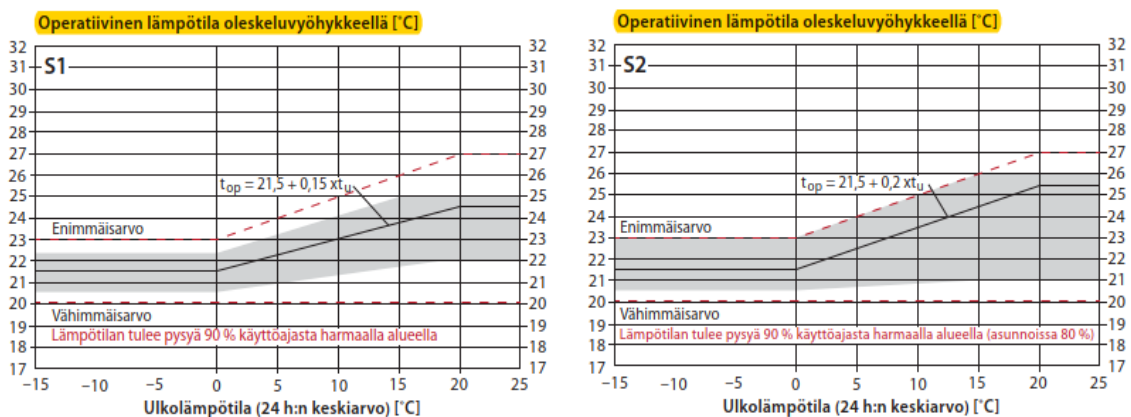
RTS-ympäristöluokitus tavoittelee kiinteistöön laadukasta sisäilmaa, jossa huomioidaan kiinteistön huonetilojen lämpöolosuhteita, käyttäjän vaikutusmahdollisuuksia, materiaalien päästöjä, riittävää valaistuksen laatua sekä tilojen akustiikkaa (63, s. 62). Seuraavissa osioissa käydään läpi niiden vaatimuksia ja vaikutuksia talotekniikkasuunnitteluun.

#### **Sisäilman laatu ja lämpöolosuhteet**

Rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavat ilmanvaihto, lämpöolosuhteet, riittävä tuloilman suodatus ja laadukkaiden rakennusmateriaalien käyttö. Näistä koostuu hyvän sisäilman perusta

rakennukseen. Hyvillä sisätilojen lämpöolosuhteilla on myös todettu olevan merkittävää vaikutusta työtehokkuuteen ja työntekijöiden jaksamiseen. Sisätilojen lämpöolosuhteiden perustana on operatiivisen lämpötilan raja-arvot sisäilmastoluokitus 2018 mukaisesti. Osiosta on mahdollista saavuttaa yhteensä seitsemän pistettä. (44; 63, s. 62–67; 66; 67, s. 63–67.)

Kaikkiin työskentelytilojen oleskelualueille tulee sijoittaa riittävästi jatkuvan seurannan lämpötilamittauksia, jotka yhdistetään rakennusautomaatioon. Automaatiosuunnittelijalla tulee esittää tasokuvissaan lämpötila-antureiden sijainnit sekä rakennusautomaation pisteluettelo, johon on listattu kaikki kohteessa käytettävien lämpötila-anturien tyypit. Mittauspisteitä tulee sijoittaa jokaiseen ilmansuuntaan, kerrokseen ja erikokoisiin tiloihin. Jokaista työtilaa palvelevan ilmanvaihtokoneen toiminta-alueella tulee olla vähintään kaksi erillistä lämpötila-anturia. Vaatimuksen tavoitteena on toteuttaa kaikkiin oleskelutiloihin sellaiset lämpötilaolosuhteet, joissa operatiivinen lämpötila saadaan pysymään sisäilmastoluokituksen S2 tai S1 mukaisissa rajoissa vähintään 90 %:ssa tilojen käyttöajoista. (44; 63, s. 62–67; 66; 67, s. 63–67.) Kuvassa 9 esitetään sisäilmastoluokituksessa esitetyt operatiiviset lämpötilarajat.



KUVA 9. Sisäilmastoluokituksen operatiivisen lämpötilan raja-arvot S1 ja S2 -luokissa (44, s. 6)

Riittävän pätevällä lvi- tai energiasuunnittelijalla tulee simuloida huonetilojen lämpöolosuhteiden pysyvyydet. Simulointi tulee toteuttaa vähintään tunnin mittaustarkkuudella yhden vuoden ajalle. Dynaamisesta simuloinnista tulee koostaa erillinen raportti, joka kertoo kootusti määritteiden saavuttamisen toimenpiteet lähtötietoineen. Simulointien tulee perustua todellisiin laitekuormitukseen ja käyttöaikoihin. Rakennuksen käyttäjiltä tulee selvittää kiinteistön toiminta-ajat tarkan laskennan toteuttamiseksi. Simulointeja ei tarvitse toteuttaa pienten lämpökuormien tiloihin, jos ne on varustettu tilakohtaisella jäähdytyksellä tai tuloilman jäähdytyksellä. Suuren lämpökuorman tiloiksi sertifikaatti luettelee sellaiset tilat, joissa ikkunapinta-ala ylittää 30 %:n rajan

lattiapinta-alaan nähden ja tilat, joissa lämpökuormat ylittävät yli 60 W/m<sup>2</sup>:lle arvon laitteiden, valaistuksen ja tilassa oleskelevien henkilöiden takia. (63, s. 62–64; 66; 67, s. 63–64.)

Simuloinnissa voidaan käyttää apuna passiivisia toimenpiteitä sekä vapaajäähdytystä. Niillä voidaan vähentää erillisjäähdytyksen tarvetta ja hallita operatiivisia lämpötiloja. Laskennassa voidaan huomioida esimerkiksi yöllisen tuuletuksen käyttämistä tai kattoviilennyksen toteuttamista tavoitteiden saavuttamiseksi. Hyvällä ilmanvaihdon tehokuksella voidaan yleensä saada lämpötila-arvot pysymään sisäilmaluokan S3 mukaisissa arvoissa hellejaksojen aikana. (63, s. 62–64; 66; 67, s. 63–64.)

RTS-ympäristöluokitus vaatii tiloihin riittävän tehokasta ilmanvaihtoa, jotta tilojen hiilidioksidiarvot saadaan pysymään maltillisina. Tilojen hiilidioksidiarvojen tulee käyttöaikana alittaa 550 ppm:n (parts per million) raja, jos tiloissa käytetään S2-luokan määritelmiä. Korkeampia hyvityspisteitä haettaessa tulee tilojen päästöjen alittaa 350 ppm:n raja-arvo, joka vastaa tällöin S1-luokkaa. Ilmanvaihdon suunnittelijalta toteutus vaatii tilatyypikohtaisen ilmamäärätaulukon määrittämistä ja ilmamäärien esittämistä ilmanvaihtosuunnitelmissa. Riittävä ilmanvaihto voidaan esittää laskennallisilla tarkasteluilla pohjautuen sisäilmastoluokituksen S1 tai S2 mukaisiin ilmamääriin tai olosuhdesimuloinnista saatuihin ilmavirtoihin. (44, s. 7; 63, s. 65–67; 66.)

Ympäristöluokitus vaatii toteutettavaksi suuriin ja vaihtelevan henkilökuorman tiloihin ilmalaadun mittauksia. Tiloihin tulee myös toteuttaa ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus. Sertifikaatti hyväksyy tarpeenmukaisiksi ohjausmenetelmiksi tilakohtaiset ilmamääräsäätimet, säätöpellit, alueohjauksen vyöhykepelin avulla tai ilmanvaihtokoneella heikoimman olosuhteen mukaisesti. Ohjausmenetelmällä tulee pienentää huonetilojen ulkoilmavirtoja vähintään 50 % tiloihin mitoitetusta ilmamäärästä. Ilmanlaadun mittauksissa tulee käyttää tilan kuormitukseen sopivaa mittausmenetelmää, kuten hiilidioksidi- (CO<sub>2</sub>) tai haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) mittausantureita. Epäsuorissa mittauksissa hyväksytään vain ne ohjaustoimenpiteet, jotka varmistavat huonetilaan hyvän ilmanlaadun käyttämällä apuna esimerkiksi liiketunnistimia. Lämpötilamittaukseen perustuvia ohjauksia ei yksinään hyväksytä riittäväksi toteutustavaksi. Rakennusautomaatiosuunnittelijalla tulee esittää ilmanlaadun mittausanturien sijainnit ja ohjausarvojen parametrit suunnitelmissaan. (44, s. 7; 63, s. 65–67; 66.)

Asuinrakennuksissa kaikkiin makuuhuoneisiin tulee järjestää vähintään 8 dm<sup>3</sup>/s/hlöä kohden ilmaa. Kaikkien yli yhdentoista neliömetrin makuuhuoneiden ilmamäärän tulee olla vähintään 16 dm<sup>3</sup>/s.

Yhden tai useamman makuuhuoneen asunnoissa tulee vähintään yhteen huoneeseen järjestää 16 dm<sup>3</sup>/s ilmavirta. Ilmanvaihtosuunnittelijalla tulee esittää tilakohtainen ilmamäärien mitoitustaulukko suunnitelmien yhteydessä sekä tilakohtaiset ilmamäärät tasokuvissa. Ilmanvaihtosuunnittelijalla tulee myös varmistaa, että koko asunnon ilmanvaihtuvuus on vähintään 0,6-kertainen tunnin mittausjakson aikana. Tarpeen vaatiessa voidaan huonekohtaisia ilmamääriä korottaa, jotta kyseinen vaatimus saadaan täytetyksi. (66; 67, s. 65–67.)

Asuinrakennuksien hyvityspisteitä voidaan saavuttaa toteuttamalla vedoton ilmanjako huonetiloihin. Suunnittelijalla tulee tällöin varmistaa, ettei ilmannoisuus oleskeluvyöhykkeillä ylitä 0,17 m/s arvoa. Tilanteessa tulee tarvittaessa huomioida myös tuloilman viilennys, joka voi vaikuttaa huone-tilan ilmanjaon ohjautuvuuteen. Toimenpide vaatii ilmanvaihtosuunnittelijalta ilmamäärämitoitusten lisäksi heittokuvien tarkasteluja, joihin monet päätelaitteiden valmistajat tarjoavat simulointiohjelmistoja verkkosivuillaan. (66; 67, s. 65–67.)

Asuinrakennuksien epäpuhtauksien tehokkaassa poistossa tulee liesikuvun tai -tuuletin sieppausasteen olla vähintään 20 dm<sup>3</sup>/s. Tehokkaan ilmavirran määritelmällä tarkoitetaan päätelaitteen sieppausasteella kerrottua poistoilmavirtaa. Sieppausasteen tiedot saadaan yleensä laitevalmistajalta. Puuttuvissa sieppausastetiedoissa voidaan käyttää 50 %:n arvoa. Kaikki kiertoilmalaitteet tulee olla varustettuna vähintään rasva- ja aktiivihiilisuodattimella käryjen poistamiseksi. (66; 67, s. 65–67.)

Tuloilman puhtaudessa tulee varmistaa, ettei ulkoiset epäpuhtaudet tai ulospuhallusilma pääse sekoittumaan tuloilman kanssa. Suunnittelijalla on varmistettava, että päätelaitteiden etäisyydet ovat riittävän etäällä toisistaan. Mikäli laitteet sijaitsevat samalla korkeudella tulee etäisyyttä olla vähintään kahdeksan metriä. Ulkoisten epäpuhtauslähteiden etäisyydeksi vaaditaan vähintään kymmenen metrin etäisyyttä. Rakennuksissa voidaan käyttää myös seinäpuhalluslaitteita, jolloin sertifikaatti vaatii seinäpuhalluksen ulospuhallusnopeudeksi perusilmanvaihdossa vähintään 5 m/s ja ulkoilman virtausnopeudeksi maksimissaan 2 m/s. Ulospuhalluksen osuus ei saa ylittää 0,6 %:n arvoa merkkiaiemittauksessa EN 13141-8 -standardin mukaisesti tai vastaavasti ilmanvaihtolaitteella tulee olla SERT R074 -sertifikaatti. Vaatimusta ei tyypillisesti saavuteta, jos tuloilmanotto perustuu seinä- tai ikkunareitteihin. (66; 67, s. 65–67).

Kiinteistössä tulee huolehtia tuloilman riittävästä suodattamisesta, toteuttamalla se vähintään SUP 2 -luokan mukaisesti. SUP 2-luokka (Supply Air) on saavutettavissa seuraavilla tuloilmasuodattimilla:

- ulkoilma ODA 1-luokka
  - tuloilman suodatintaso vähintään PM1 50 %
- ulkoilma ODA 2-luokka
  - tuloilman suodatintaso PM10 50 % + PM1 60 % TAI PM1 70 %
- ulkoilman ODA 3-luokka
  - tuloilman suodatintaso PM2.5 50 % + PM1 60 % TAI PM1 80 %.

Toimenpide vaatii suodatustietojen esittämistä ilmanvaihtokoneiden kojeluettelossa. Tiloissa tulee myös huolehtia riittävästä korvausilman tuomisesta tilaan tuloilmamäärää nostamalla, jotta vältetään liialliselta alipaineisuudelta poistoilman tehostustilanteissa. (66; 67, s. 65–67).

### **Käyttäjän vaikutusmahdollisuudet ja materiaalipäästöt**

Kiinteistön käyttäjille tulee järjestää olosuhteiden vaikutusmahdollisuuksia huonetiloihin. Niitä voidaan toteuttaa esimerkiksi lämmön- ja valaistuksen käsikäyttöisillä ohjauksilla. Työ- ja ryhmätiloihin tulee toteuttaa valaistuksen käyttäjäkohtainen ohjaus, joka sisältää vähintään kaksi erilaista valaistustilannetta, kuten osa- ja täysitehon. Säädettyvyys voidaan myös toteuttaa hyödyntämällä perus- ja työpistevalaistusta. Toimenpide tulee tällöin toteuttaa osana kiinteää kalustusta. Ryhmätyötiloihin tulee järjestää erillinen esiintymis- ja istuma-alueohjaus, jos tilan koko on suurempi kuin kaksikymmentä neliometriä. Avotoimistoalueilla tulee olla korkeintaan 40 neliömetrin säätövyöhyke. Kaikissa majoitus-, hotelli-, potilas- ja asuntolahuoneissa tulee yleisvalaistuksen lisäksi toteuttaa erillisvalot työpisteille tai työalueelle. Niiden tulee kattaa vähintään 500 lx:n valaistustaso. Asunnoissa tulee kaikkiin asumistiloihin toteuttaa valaistuksen säätö himmentimillä, himmenninvarauksilla tai useammalla eri valaisinryhmällä. (63, s. 68–69; 66; 67, s. 68.)

Sisälämpötilan säätämiseksi tulee työtiloihin toteuttaa käyttäjä- tai säätöaluekohtainen ohjaus. Käyttäjille tulee järjestää  $\pm 1-2$  °C:een säätömahdollisuus tilan asetustilanteeseen nähden. Huonekohtaisissa ja avoimissa työympäristöissä tulee toteuttaa vyöhyketasoinen säätömahdollisuus kesä- ja talvikausien lämpötilojen säätämiseksi. Vaihtelevan käytön tiloissa tulee lämpötilan säätö olla rakennusautomaation kautta hallittavissa. Rakennusautomaatiojärjestelmään tulee asettaa rajoitukset käyttäjäkohtaiselle säädettävyydelle. Asuntoihin vaaditaan huonekohtaisia lämpötilan

säätöjä ja ohjauksia kesä- talvikausiksi. Rakennusautomaation säätökaaviossa tulee esittää tilaohjauksien periaatteet ja asetusarvot. (63, s. 68–69; 66; 67, s. 68.)

Sisäilman hyvän laadun saavuttamiseksi tulee kiinnittää huomiota rakennusmateriaalien valintaan. Sertifikaatti tukee vähäpäästöisten materiaalien käyttöä, joilla pyritään minimoimaan kiinteistön käyttäjien terveysongelmia. RTS-ympäristöluokitus kiinnittää toimenpiteeseen suurta huomiota, sillä monissa uudisrakennuksissa on havaittu paljon sisäilmaongelmia. Kohteessa tulee huolehtia epäorgaanisten kuitujen suojaamisesta tai niiden koteloinnista kaikissa sisäilmaan rajoittuvissa tiloissa. Huomiota tulee kiinnittää putkistojen sekä kanavien lämpö-, ääni- ja paloeristämisiin. Käyttämällä M1-päästöluokan eristeitä, saavutetaan hyväksyty toteutus. Muita eristystuotteita käytettäessä tulee ilmanvaihtokanavisto esimerkiksi pellittää, jotta materiaalipäästöjä voidaan hallita riittävän tehokkaasti. (63, s. 70–73; 67, s. 69–71.)

Taloteknisiin työselostuksiin tulee kirjata tarkat määritelmät käytettävistä sisäilman mittausmenetelmistä. Mittauksilla tulee todentaa huoneilman päästöjen olevan riittävän alhaiset, jotta kohde voidaan käyttöönottaa ja luovuttaa asiakkaalle. Mittaukset tulee toteuttaa työmaalla kertamittauksina, ja ilmanvaihdon tulee olla tuuletuskäytöllä. RTS ei vaadi yhtä laajoja sisäilman mittauksia kuin WELL-sertifikaatti. Rakennuksen sisäilman mittauksissa tulee alittaa formaldehydin ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden keskiarvot. Sertifikaatin uudet vaatimukset ovat 50 % asumisterveysasetuksen toimenpiderajoista. Perusteena muutokselle on työterveyslaitoksen koonti mittaustuloksista vuodelta 2022. (63, s. 70–73; 67, s. 69–71.)

### **Visuaalinen viihtyvyys ja akustiikka**

Ryhmä koostuu kolmesta eri kriteeristä, jotka ovat luonnonvalon hyödyntäminen, valaistuksen laatu ja akustiikka. Osiot on määritelty sertifikaatissa valinnaisiksi toimenpiteiksi. Luonnonvalon on todettu vaikuttavan positiivisesti käyttäjien vireyteen, joten kriteerissä vaaditaan riittävää päivänvalonsaantia vähintään 80 %:iin rakennuksen työskentelytilojen määrästä. Suunnittelijoilla tulee laatia päivänvalokertoimen laskentaraportti. Päivänvalokertoimen laskenta tapahtuu simulointiohjelmiston avulla, joka määrittelee diffuusin valon tilanteelle. Helsingissä on määritetty ulkovalaistuksen tasoksi 13 500 lx. Riittävän päivänvalon tarkempi määrittäminen esitetään standardissa SFS-EN 17037:2018, jossa vähimmäistasoksi on asetettu 300 lx. Valaistuksessa tulee myös huomioida liiallisen häikäisyn estäminen. Valaistussuunnittelijalta voidaan vaatia päivänvalokertoimen laskemista eri huonetiloihin. (63, s. 74–81; 66; 67, s. 72–75.)

Valaistuksen laadussa vaaditaan valaistusvoimakkuus ja valon tasaisuus toteutettavaksi standardin EN 12464-1 mukaisesti valaistussuunnitelmiin. Tämä vaatii tiloihin erillisten valaistuslaskentojen toteuttamista, laskentatulosten koontia ja niiden vertailua keskenään. Laskennat tulee tarvittaessa päivittää, jos työmaan aikana on tehty muutoksia valaisimiin tai tiloihin. Toimistotiloissa vaaditaan vähintään 500 lx:n voimakkuutta työskentelyalueelle ja valon tasaisuuden tulee olla vähintään 0,6. Valaisimien pintakirkkauden ja kiusahäikäisyarvon (UGR) tulee vastata EN 12464-1 -standardin vaatimuksia. Toimistotiloissa vaaditaan alle 19 UGR-arvon saavuttamista. (63, s. 76; 66.)

Akustisen osuuden vaatimus kohdistuu hyvän luonnollisen toimintaympäristön järjestämiseen rakennuksen käyttäjille. Tiloihin tulee järjestää hyvät ääniolosuhteet, joissa ei ylitetä sisäilmastoluokituksen jälkikaiunta-aikoja ja puheensiirtoindeksiä S1-luokan mukaisesti. Lvi-suunnittelussa huomiota tulee kiinnittää ilmanvaihdon päätelaitteiden aiheuttamaan huonetilojen taustäänitasoihin. Suunnittelijalla tulee tehdä tilakohtaiset äänitasolaskelmat, ja tarpeen vaatiessa lisätä tiloihin esimerkiksi äänenvaimentimia rajoittamaan tilan päätelaitteiden taustäänitasoja. Tarvittaessa huoneiden äänitasoista tulee toimittaa laskentadokumentit. (44; 63, s. 78–81; 66.)

### **3.5 Joutsenmerkki**

Joutsenmerkki on perustettu Pohjoismaisen ministerineuvoston toimesta vuonna 1989. Pohjoismaisena ympäristömerkkinä tunnettu Joutsenmerkki pyrkii edistämään rakennusten ja tuotteiden kestävästä kehitystä. Ympäristömerkintä on käytössä Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Islannissa sekä Tanskassa, ja se on Pohjoismaiden tunnetuin ympäristömerkki. Sertifikaatissa ilmoitetut kriteerit on toteutettu yhteneväisiksi maiden välille, ja se soveltuu pohjoismaisiin olosuhteisiin paremmin kuin keskieurooppalaiset tai amerikkalaisiin standardeihin pohjautuvat ympäristöluokitukset. Joutsenmerkin erikoisuus löytyy siitä, että sitä voidaan hakea rakentamisen lisäksi myös tuotteille ja palveluille. Nykyään kaupoista löytää yhä enemmän Joutsenmerkittyjä tuotteita. (11; 16, s. 7; 76; 77; 78.)

Joutsenmerkillä viestitään asiakkaille yrityksen vihreämmästä ympäristötyöstä sekä sitoutumisesta ympäristöstävällisiin toteutuksiin ja ratkaisuihin. Joutsenmerkki on kolmannen osapuolen tarkastama, myöntämä ja vapaaehtoisesti haettava sertifikaatti. Sillä on ISO 14024 -standardin ensimmäisen tyyppin mukainen ympäristömerkinnän luokitus. Sertifikaatin myöntäminen Suomessa

tapahuu Ympäristömerkintä-organisaation kautta, joka toimii Motiva Oy:n alaisena. Organisaation työtä ohjataan ympäristöministeriön sekä työ- ja elinkeinoministeriön toimenpiteiden kautta. Muissa Pohjoismaissa on käytössä kansalliset Joutsenmerkki-organisaatiot, jotka myöntävät rakennukselle tai tuotteelle ympäristömerkinnän. Jokainen halukas voi osallistua Joutsenmerkin kriteereiden valmisteluun tai niiden päivitykseen. (11; 16, s. 7; 76; 77; 78.) Joutsenmerkityn talon seinään kiinnitettävä plakaatti esitetään kuvassa 10.



KUVA 10. Joutsenmerkitty rakennus (77)

Sertifikaattia voidaan hakea uudis- ja korjausrakentamiseen. Uudisrakennuksissa se voidaan myöntää asuinrakennuksille, palvelutaloille, koulu-, toimisto- ja päiväkotirakennuksille, väistöiloille sekä tehdasvalmisteisille moduulirakenteille. Jälkimmäisimmälle vaihtoehdolle voidaan hakea myös pysyvää Joutsenmerkkiä, jolloin rakennuskohteelle ei tarvitse hakea uudestaan toista Joutsenmerkkiä. Rakennus tulkitaan tällöin teolliseksi tuotteeksi, mikä rakennetaan samoilla periaatteilla kuin Joutsenmerkitty tuote. Pienet muutokset konseptitaloon ovat sallittuja, jos kaikki tehdyt muutokset täyttävät Joutsenmerkin vaatimukset. Kaikki tontilla sijaitsevat rakennukset tulee toteuttaa Joutsenmerkin vaatimusten mukaisesti. Ympäristömerkin hakuprosessi tulee aloittaa jo suunnitteluvaiheen aikana. Joutsenmerkki kiinnittää huomiota muun muassa rakennuksen elinkaareen, käytettäviin rakennusmateriaaleihin, energiankäyttöön, vähähiilisyteen, kierrätykseen, päästöihin, turvalliseen käyttöön ja sisäilmaan. (79, s. 5–8.) Joutsenmerkin kategoriat esitetään taulukossa 20.

TAULUKKO 20. Joutsenmerkki -sertifikaatin pääkategoriat (79, s. 2)

Energia	→
Ilmasto	→
Resurssitehokkuus ja kiertotalous	→
Kemialliset tuotteet	→
Rakennustuotteet	→
Luonnon monimuotoisuus ja puuraaka-aineet	→
Sisäympäristö	→
Rakennusprosessin laadunhallinta	→
Innovaatiot	→



Joutsenmerkki 4.0 vaatii toteuttamaan yhteensä 42 pakollista vaatimusta. Sertifikaatissa on pistevaatimuksia yhteensä 23 kappaletta, joista tulee kerätä riittävästi pisteitä hyväksytyin suorituksen saavuttamiseksi. (79, s. 20.) Taulukossa 21 esitetään Suomen ja Ruotsin vähimmäispistemäärät, jotka tulee saavuttaa sertifikaatin myöntämiseksi.

TAULUKKO 21. Minimivaatimus kokonaispistemäärästä (79, s. 20)

Rakennustyyppi	Suomi	Ruotsi
Pientalot, seniori- ja palvelutalot	26	28
Kerrostalot	23	25
Toimistot	23	25
Opetusrakennukset	22	24

Joutsenmerkin vaatimukset kohdistuvat merkittävästi rakennuksessa käytettäviin materiaaleihin. Vaatimukset kohdistuvat kemiallisiin ja kiinteisiin rakennustuotteisiin, puutavaraan sekä kuituraaka-aineisiin. Pistevaatimuksilla ohjataan rakennuttajia ja suunnittelijoita ympäristöystävällisempään sekä energiatehokkaampaan rakentamisen toimenpiteisiin, joissa huomioidaan myös käyttäjien viihtyvyyttä. Ympäristömerkityistä rakennustuotteista tulee saavuttaa Suomessa vähintään kuusi ja Ruotsissa kahdeksan pistettä, jotta sertifikaatin materiaaleihin liittyvät minimivaatimukset täytetään. Hyödyntämällä rakennuksessa laajasti Joutsenmerkittyjä tuotteita, kuten maaleja ja rakennuslevyjä voidaan saavuttaa jopa 14 hyvityspistettä. Joutsenmerkki ylläpitää erillistä tietokantaa rakentamiseen hyväksytyistä rakennusmateriaaleista. Tietokantaa voi hyödyntää maksuttomasti kaikki sertifikaattia hakevat tahot sekä materiaalityöntekijät. (79, s. 5–20; 80, s. 9.)

Ympäristömerkintä myönnetään vasta kohteen luovutuksen jälkeen, ja kun organisaatio on toteuttanut vaatimuksien täyttymiset. Sertifikaatti myönnetään kertaluontoisesti, jolloin erillisiä tarkastuksia ja lisenssimaksuja ei kerry enää rakennuksen elinkaaren aikana. Merkin myöntävä organisaatio ei ota vastuuta siitä täyttääkö rakennus vaatimukset, mikäli kiinteistöön tehdään joskus saneerausta tai muita muutostoimenpiteitä. Vastuu siirtyy tällöin rakennuksen omistajalle, jonka kuuluu huolehtia Joutsenmerkin kriteerien täyttymisestä myös mahdollisten muutoksien jälkeen. Kaikki Joutsenmerkkiä varten tarvittavien selvitysten, laskelmien, suunnitelmien sekä materiaalityöjen hankkiminen ja toimittaminen kuuluvat sertifikaattia hakevan tahon vastuulle. Hakuprosessiin kuuluvat tarkastuskäynnit, joilla varmistetaan vaatimusten täyttymiset. (11; 16, s. 7; 81.)

### 3.5.1 Rakennuksen energiankäyttö

Tavoitteena on vähentää rakennuksen energiakulutusta sen koko elinkaaren aikana toteuttamalla kiinteistöön energiatehokkaita suunnitteluratkaisuja. Talotekniikassa suurimmat vaikutukset kohdistuvat rakennuksen energialuokkaan, valaistuksen hallintaan, energiatehokkaisiin ja vettä säästäviin laitteisiin, kulutushuippujen hallintaan ja uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksiin. Joutsenmerkin vaatimukset ovat tiukempia kuin viranomaisvaatimuksissa velvoitetaan. Pistevaatimuksilla pyritään vaikuttamaan vihreämpään ja hiilipäästöttömämpään toteutukseen. (79, s. 21–39; 81.)

Joutsenmerkittyjen asuin- ja toimistorakennusten tulee olla energialuokaltaan vähintään A-tasoa. Opetusrakennuksissa energialuokan vaaditaan olevan vähintään 30 % parempi kuin ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten energiatehokkuudesta 1010/2017. Energialuokan tulee tällöin olla yhtä suuri tai pienempi kuin 70 kWh/m<sup>2</sup>, jotta vaatimus täytetään. Kriteeri kohdistuu myös liikunta- ja urheiluhalleihin, jos ne kuuluvat rakennushankkeeseen tai niiden energialaskennat toteutetaan myöhemmin. Joutsenmerkki vaatii yleensä yhtä tasoa parempaa energialuokkaa rakennukselle, kuin ympäristöministeriön asetuksessa on määritetty. Energialuokan vaatimuksissa ei ole annettu erillisiä poikkeuksia esimerkiksi hirsitaloille tai vapaa-ajan asunnoille. Energialuokat määrittyvät kansallisen lainsäädännön mukaisesti, jolloin muiden pohjoismaiden energialuokkavaatimukset voivat olla poikkeavia Suomen olosuhteisiin nähden. (73; 79, s. 21–22, 77; 81.)

Energialaskennan tuloksia voidaan parantaa monella eri tavalla. Siihen voidaan vaikuttaa positiivisesti muun muassa parantamalla ulkovaipan tiiveyttä, hyödyntämällä geoenergiaa lämmönlähteenä tai jäähdytyksessä, valitsemalla kiinteistöön energiatehokkaita laitteita sekä optimoimalla valaistuksen ja lämpimän käyttöveden kulutusta. Joutsenmerkki vaatii rakennukseen tiiveysmittauksien toteuttamista, jolloin on suositeltavaa käyttää jo laskennassa parempaa ilmanvuotokerrointa energiahukan minimoimiseksi. Tiiveysmittauksen tulokset tulee aina toimittaa energialaskijalle, joka tarkastaa A-energialuokan vaatimuksen saavuttamiset käyttöönottovaiheen energiatodistuksella. (73; 79, s. 21–22, 77; 81.)

### 3.5.2 Valaistuksen ja energiankulutuksen hallinta

Joutsenmerkki ottaa vaatimuksissaan huomioon sisä- ja ulkovalaistuksien hallinnat, jotka tulee järjestää automaattisen tarveohjauksen alaisuuteen. Ulkovalaistuksessa ohjauksen tulee perustua

päivänvalon määrään sekä läsnäoloon. Vaatimuksessa mainitaan, ettei ohjausta saa kytkeä suoraan valonlähteeseen vaan sen tulee olla kytkettynä valaisimeen. Tämä koskee kaikkia rakennuksen yhteiskäytössä olevia tiloja, piha-alueita, kattoterasseja, leikkialueita, julkisivuvalaistuksia sekä sisäänkäynti- ja pysäköintialueita. Ulkovalaistuksen valovoima tulee suunnata maaperää kohden, eikä valokajoa saa kohdistua valaisimen vaakasuoran linjan yläpuolelle kohti yötaivasta. Kaikissa yksityisessä käytössä olevissa tiloissa, kuten parvekkeilla ja terasseilla vaatimusta ei tarvitse noudattaa. Turvavalauksessa sallitaan valaisimien himmennykset alhaiselle tasolle suhteessa päivänvalon määrään, jotta henkilöturvallisuudelle ei aiheudu uhkaa. (79, s. 22–23; 81.)

Joutsenmerkki asettaa rakennustyyppin mukaisesti poikkeavia vaatimuksia sisävalaistuksien ohjauksiin. Esimerkiksi kerrostalojen yhteiskäyttötilojen valaisimiin tulee asentaa automaattiset tarveohjaukset. Kaikki yhteiskäytössä olevat luonnonvaloiset tilat tulee varustaa himmentimillä, jotka reagoivat päivänvalon määrään. Opetus- ja toimistorakennuksien kaikkiin tiloihin tulee asentaa automaattiset tarveohjaukset, ja valaistuksen on himmentyttävä päivänvalon mukaan. Vaatimuksen piiristä on vapautettu päiväkotien lepo huoneet, hoivarakennusten yhteiskäytössä olevat tilat, hätävalaistukset, väestönsuojat, hissit sekä työpistevalaistukset. Sertifikaatti ei vaadi luokahuoneisiin, ryhmätyöskentely- ja opiskelutiloihin automaattista tarveohjausta, kuten ei myöskään opiskelija-asuntojen yhteisiin tiloihin, yhteisasuntoihin ja vanhusten sekä invalidien koteihin. Näissä kaikissa tuloissa valaistuksen tulee sammua automaattisesti, kun tilaa ei käytetä riittävän pitkään aikaan. Valaistusta tulee kuitenkin pystyä ohjaamaan vähintään käsikäyttöisillä valonkatkaisimilla. (79, s. 23; 81.)

Energiankulutuksen hallinnasta voidaan myöntää enintään kaksi hyvityspistettä. Kiinteistöön tulee tällöin järjestää sähkön kysyntäjousto. Asennettavan ohjausjärjestelmän tulee ottaa automaattisesti huomioon sähkön tunti-, sekä paikallishinta tai sähköverkon huipputeholliset hetket. Toimenpiteellä pyritään välttämään sähkönkulutusta korkeiden kulutuspiikkien ajankohtina. Järjestelmän on kyettävä keskustelemaan yleisimmillä viestintäprotokollilla, kuten esimerkiksi BACNet:n (Building Automation and Control Networks) kautta. Sertifikaatti ei hyväksy esimerkiksi älypistokkeita valvonta-toimenpiteiksi. Kiinteistöön voidaan myös toteuttaa sähkökäyttöisten vedenlämmittimien ohjauksia, sähköautojen latauslaitteiden valvontaa tai kaikkien sähkölämmityksellä toimivien tilojen valvontaa. Jokaisesta edellä mainitusta toimenpiteestä voidaan saavuttaa yksi piste. Automaatiosuunnittelijalla tulee esittää riittävän laajasti ohjausjärjestelmän kuvauksia suunnitelmissaan. (79, s. 26; 81.)

### 3.5.3 Energiatohokkaat kodinkoneet ja kalusteet

Joutsenmerkityssä rakennuksessa tulee kaikkien kodinkoneiden ja ammattikäyttöisten keittiölaitteiden olla riittävän energiatohokkaita. Tarkemmat vähimmäisvaatimukset laitteiden energialuokkavaatimuksista esitetään taulukoissa 22 ja 23. Kaikki keskusjäähdytysjärjestelmällä varustetut jääkaapit sekä pakastimet on vapautettu kyseisistä vaatimuksista. (79, s. 23–24; 81.)

TAULUKKO 22. Kodinkoneiden energialuokkavaatimukset (79, s. 24)

Tuotetyyppi	Energiamerkintä energiamerkintäasetuksen (EU) 2017/1369 mukaan	Energiamerkintä energiamerkintädirektiivin (2010/30/EU) mukaan
Pyykinpesukone	<b>B</b>	-
Jääkaappi	<b>E</b>	-
Pakastin	<b>E</b>	-
Jääkaappipakastin	<b>E</b>	-
Minikeittiön jääkaapit (<80cm)	<b>F</b>	-
Kuivauskaappi	<b>Energiankulutuksen tulee olla enintään 0,4 kWh/kg pyykkiä</b>	-
Kuivausrumpu	-	<b>A+++</b>
Kuivaava pyykinpesukone	<b>D</b>	-
Asianpesukone	<b>C</b>	-
Uuni	-	<b>A</b>
Integroitu uuni (kaapissa yms)	-	<b>A+</b>
Sähköiset vedenlämmittimet	-	<b>C</b>

TAULUKKO 23. Ammattikäyttöisten keittiölaitteiden energialuokkavaatimukset (79, s. 24)

Tuotetyyppi	Energiamerkintä energiamerkintädirektiivin (2010/30/EC) mukaan (1094/2015/EU)
Keittopata	<b>Vähintään 90% energiatohokkuus EFCEM:n keittopatojen energiatohokkuusstandardin tai vastaavan mukaisesti.</b>
Jääkaappi	<b>Luokka B tai parempi*</b>
Pakastin	<b>Luokka D tai parempi*</b>
Yhdistetty jääkaappi/pakastinkaappi	<b>Luokka D tai parempi*</b>

Valitsemalla kiinteistöön vähintään yhtä energialuokkaa paremmat kodinkoneet kuin vaatimuksessa on esitetty, voidaan saavuttaa yksi hyvityspiste jokaista tuotetyyppiä kohden. Mikäli markkinoilta ei ole saatavissa vaatimustasoa korkeampia energialuokan kodinkoneita, hyväksyy Joutsenmerkki korkeimman markkinoilta saatavan energialuokan laitteiston. Osista voidaan maksimissaan saavuttaa vain kaksi hyvityspistettä, jolloin kaikkien kodinkoneiden energialuokan parantaminen ei tuo lisähyvityksiä. Pesuloissa olevien ammattikäyttöisten pyykinpesukoneiden on oltava kytkettävissä kylmään ja lämpimään käyttöveteen. Kuivausrumpujen sekä -kaappien tulee olla varustettuna lämpöpumpuilla, jos tavoitellaan vaatimuksen hyvityspistettä. Suunnittelijoilta toimenpiteet

vaativat rakennuttajan laitevalintojen tarkastuksia ja riittävän dokumentaation keräämistä laitteistoista sekä niiden energiamerkinnoista. (79, s. 23–25; 81.)

Joutsenmerkki asettaa vesikalusteiden vaatimukseksi täyttää taulukossa 24 esitetyt vesikalustevirtaamat ja huuhtelumäärät wc-istuimissa sekä urinaaleissa. Kaikki teknisten tilojen hanat, seinäaltaat, kylpyammeen ja kodinhoidon hanat on vapautettu vaatimuksen piiristä. (79, s. 25.)

*TAULUKKO 24. Vesikalusteiden enimmäisvirtaamat (79, s. 25)*

Saniteettikalustetyyppi/kategoria	Vedenkulutuksen enimmäismäärä
Pesuallahanat	6 l/min
Keittiöhanat	6 l/min
Suihkut	8 l/min
WC-istuimet	Suurin huuhtelutilavuus: 6 L Keskimääräinen huuhtelutilavuus: 3.5 L
Urinaalit	2 L/urinaali/h Huuhteluvien urinaalien suurin huuhtelutilavuus saa olla enintään 1 litra

Lvi-suunnittelijalla tulee valita kohteeseen sopivat vesikalusteet. Valinnassa tulee huomioida vesikalusteiden teknillisten eritelmien täyttävän EU-komission delegoidun asetuksen 2021/2139 vaatimukset. Käytettävien kalusteiden vesivirtaamat tulee kirjata esimerkiksi vesikalusteluettelon yhteyteen, jotta vaatimusten tarkastaminen on helppoa. Hyvityspisteitä tavoiteltaessa tulee vesikalusteiden olla tuotekategoriassaan vähintään taulukossa 25 esitettyä energialuokkaa tai niiden tulee olla kosketusvapaita. Kaikkiin suihkuhanoihin tulee asentaa käsisuihkut, jos hanan yläsuihku tai käsisuihku ei alita vaadittua enimmäisvirtaamaa. Pisteet myönnetään vain asennetuista käsisuihkullisista suihkuhanoista. Mikäli käytössä on ylä- ja käsisuihku, tulee kalusteella täyttää energialuokkavaatimukset. (79, s. 23–25; 81.)

*TAULUKKO 25. Vesikalusteiden energialuokat (79, s. 26)*

Saniteettikalustetyyppi/kategoria	Standardien SS 820000 tai SS 820001 mukainen energialuokka	Pisteet
Pesuallahanat	<b>A</b>	1
Keittiöhanat	<b>B</b>	1
Termostaattiset hanat suihkulla	<b>B</b>	1

Joutsenmerkki hyväksyy harmaan- tai sadeveden uudelleen käytön wc-kalusteiden huuhtelussa. Järjestelmällä tulee laskennallisesti todeta vähintään 20 %:n vedensäästöt normaaliin vedenkulutukseen nähden. Kiinteistöön tulee suunnitella asianmukainen kierrätysjärjestelmä, joka huomioi lainsäädännön asettamat vaatimukset. Laitteiston asentaminen tulee toteuttaa vähintään hyvien rakentamistapojen mukaisesti. (79, s. 25–26; 81.)

### 3.5.4 Uusiutuvan energian käyttö

Uusiutuvan energian käyttöä arvostetaan Joutsenmerkin kriteereissä. Osioista voidaan saavuttaa kolme hyvityspistettä. Kiinteistöön tulee järjestää joko aurinkopaneelit, auringonlämpökeräimet, jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä tai neste-/vesi-lämpöpumppujärjestelmä. Rakennuksessa käytettävä kokonaisuus voi koostua myös useammasta edellä mainitusta järjestelmästä. Aurinkopaneeleilla tulee vuodessa taata 5–15 kWh/m<sup>2</sup> teho lämmitettyä lattiapinta-alaa kohden. Aurinkokeräimillä tulee kattaa 20–60 % vuosittaisesta käyttöveden lämmitykseen kuluvasta energiasta. Aurinkokeräinten tuottaessa ylimääräistä energiaa lämpöpumpun tulolämpötilan kohottamiseen saavutetaan osiosta yksi ylimääräinen lisäpiste. (79, s. 26–27; 81.)

Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä tulee asentaa siten, että sen toiminta kattaa vähintään 50 % rakennuksen kaikista suihkuista. Järjestelmä voidaan asentaa myös muihin paljon vettä kuluttaviin yksiköihin, kuten ammattikeittiöihin tai yhteiskäyttöisiin pesutupiin. Toteutuksesta voidaan saavuttaa enintään kaksi pistettä. Maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumpun asennuksesta saavutetaan yksi hyvityspiste. Järjestelmän tulee pystyä tuottamaan vähintään 90 % arvioidusta lämpimän käyttöveden, lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmityksen energiatarpeesta. Vaatimus tosin hyväksytään vain niillä alueilla, jotka ovat kaukolämpöalueiden saavuttamattomissa. Toimenpiteet vaativat laitteistokuvauksien sekä teknillisten mitoitusdokumenttien laatimista. (79, s. 26–27; 81.)

### 3.5.5 Rakennuksen vähähiilisyden arviointi

Joutsenmerkki 4.0 versiossa kiinnitetään huomiota rakennuksen vähähiilisyden toimenpiteisiin. Kohteeseen vaaditaan vähähiilisyden arviointia kaikkiin yhtä suuriin tai suurempiin kuin 5000 neliömetrin rakennuksiin EU-säädöksen mukaisesti. Esitettyä raja-arvoa pienempiin rakennuksiin tulee toteuttaa vähähiilisyden arvioinnit vain viranomaisten vaatiessa sitä. Kummassakin tapauksessa tulee toimittaa päästölaskentaraportit Pohjoismaiselle Ympäristömerkinnälle. Tulokset tulee myös julkistaa sijoittajien ja asiakkaiden nähtäville, jos sitä erikseen pyydetään. Laskenta tulee kohdistaa rakennuksen koko elinkaaren ajalle. Suomessa laskenta toteutetaan ympäristöministeriön laatimalla rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmällä 2019:23 tai muulla EU-taksonomian mukaisella menetelmällä, kun ilmastoarviointia koskeva asetus astuu voimaan. Suomeen ei ole vielä toistaiseksi asetettu vähähiilisyden laskentaan erillistä raja-arvoa, joka tulee alittaa. Vaatimus tulee täyttää, kun asetus astuu voimaan. (79, s. 27–29.)

Hiilijalanjäljen laadunvarmistuksesta voidaan saavuttaa enintään kaksi hyvityspistettä. Toimenpiteen arvioinnin tulee perustua EN-15987-standardiin. Dokumenttien laatimisessa on käytettävä hallituksen hyväksymää laskentamenetelmää tai Level(s)1- mukaista toimintamenetelmää. Mikäli tontilla on useita eri rakennuksia, tulee laskenta toteuttaa tällöin vähintään yhdelle sen päärakennuksista. Laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi tulee kolmannen osapuolen tarkistaa kaikki laaditut laskentadokumentit. Toinen hyvityspiste saavutetaan, jos laskelmat pitävät vähintään 90 % paikkaansa. (79, s. 29–30.)

Päästöjen arviointi toteutetaan määrittämällä rakennusmateriaalien massat ja taloudelliset arvot. Kaikki arvioinnista poikkeavat prosenttiosuudet tulee ilmoittaa tuloksien yhteydessä. Laskennassa voidaan hyödyntää tuotteiden EPD-ympäristötuoteselosteita, joiden osuus tulee olla vähintään 50 % rakennuksen materiaaleista arvioitaessa kasvihuonepäästöjen suuruutta. Kohteelle voidaan toteuttaa myös rakennusvaiheen arviointilaskelmat esimerkiksi suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Vaatimuksena on kuitenkin toteuttaa arvioinnit vähintään kahdelle eri rakentamisen vaiheelle. Talotekniikkasuunnittelijalta vaaditaan tarvittaessa hiilijalanjäljen laskentaa ja ilmastoselvityksen laadintaa, jos yrityksellä on käytössään laskentaan sopivat työkalut. (79, s. 29–30.)

### **3.5.6 Ilmastoriskien arviointi ja mukautuminen**

Rakennukselle tulee laatia ilmastoriski- ja haavoittuvuusanalyysi. Laadittavaan dokumenttiin tulee sisällyttää fyysisiä ilmastoriskejä, jotka voivat vaikuttaa rakennuksen toimintaan sen elinkaaren aikana. Lisäksi tulee arvioida ilmastoriskien mahdollisia vaikutuksia rakennukseen. Ilmastoriskien talotekniset vaikutukset kohdistuvat ilmastomuutoksen aiheuttamiin lämpötilojen nousuihin, sademäärien lisääntymiseen sekä tuulien muutoksiin. Analyysi tulee toteuttaa vähintään 50 vuoden ajalle pohjautuen IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) laatimiin RCP-skenaarioihin (Representative Concentration Pathways). (79, s. 30–31; 81.)

Analyysiin tulee kirjata ehdotuksia erilaisista sopeuttamistoimista, joilla voidaan vähentää rakennukseen kohdistuvia fyysisiä riskejä. Talotekniikan suunnittelijoilla tulee esittää dokumenttiin teknillisiä ratkaisuja ja muuntojoustavuuksien mahdollisuuksia kiinteistön laadukkaan toiminnan takaamiseksi. Lvi-suunnittelussa tilanteeseen voidaan varautua esimerkiksi järjestelemällä jäähdytysjärjestelmän varauksia asuntoihin, jotka voidaan ottaa myöhemmin käyttöön ilmastoriskien toteutuksessa. Sopeuttamistoimenpiteet tulee laittaa käytäntöön ennen kuin rakennus luovutetaan, jos

halutaan saavuttaa ilmastonmuutokseen mukautumisen hyvityspiste. Kaikki riskikartoituksessa käytetyt menetelmät sekä lähteet tulee esittää raportissa. (79, s. 30–31; 81.)

### **3.5.7 Muuntojoustavuus ja purettavuus**

Rakennukselle tulee laatia erilliset strategiset toimenpiteet, joilla mahdollistetaan kiinteistön käytötarkoitukseen joustavaa muunneltavuutta jo suunnitteluvaiheen aikana. Taloteknisissä järjestelmissä pistevaatimuksen kriteerit kohdistuvat teknillisten liitosten yksinkertaiseen purettavuuteen sekä riittäviin huoltotiloihin, jotka mahdollistavat laitteiston ja rakenteiden kunnostamiset. Kaikkia teknillisiä laitteistoja, kuten ilmanvaihtokanavia ja sähkölaitteita tulisi kyetä kierrättämään tai käyttämään uudestaan siten, että käytetyt materiaalit vahingoittuvat mahdollisimman vähän. Suunnittelijoilla tulee huomioida suunnitteluratkaisuissaan kohteeseen sopivien putkien, kanavien ja kaapeleiden valintaa sekä pohtia tekniikan reitityksiä siten, että ne mahdollistavat tilojen muunneltavuuden ja purettavuuden mahdollisimman tehokkaasti. Teknillisiin laitteistoihin kannattaa varata erillisiä tehostus- ja laajennusvarauksia, jos esimerkiksi luokkatilojen henkilökapasiteettia halutaan kasvattaa myöhemmin. Muuntojoustavien suunnitteluratkaisujen tukiessa kiertotaloutta, voidaan saavuttaa toinen hyvityspiste. Joustavuuden tulisi tällöin perustua esimerkiksi ISO 20887:2020-standardiin. Standardilla varmistetaan kiinteistön resurssitehokas toteutus. (79, s. 16, 48; 81.)

### **3.5.8 Rakennustuotteiden päästöt**

Joutsenmerkki asettaa rakennustuotteille materiaali- ja päästörajoituksia. Toimenpiteellä pyritään varmistamaan laadukkaiden rakennusmateriaalien käyttämistä ja hyvää sisäilmaa kiinteistöön. Talotekniikkaan kohdistuu kaksi pakollista vaatimusta, jotka koskevat vahvavirtakaapeleita sekä kuparin käyttöä käyttövesiputkistoissa. Rakennuksessa käytettävien vahvavirtakaapeleiden tulee olla halogeenittomia standardien DIN EN 60754-1, 6075-2 tai 31023-2 kaltaisesti. Vaatimuksen ulkopuolelle voidaan jättää kaikki tiedonsiirto-, puhelin- ja tv-kaapelit sekä kaikki rakennukselle vedettävät asennukset kunnallistekniikan puolelta. Kaapelit eivät saa sisältää sellaisia materiaaleja, jotka voivat aiheuttaa terveydellisiä tai muita päästötekniisiä ongelmia kiinteistölle tai sen käyttäjille. Päästörajaksi on eri ainesosille asetettu 100 ppm:n raja. (79, s. 10–11, 54, 58–59; 81.)

Sähkösuunnittelijalla tulee määritellä kohteeseen sopivat kaapelit ja varmistaa, ettei työmaa-aikana kaapeleita vaihdeta toisiin. Suunnittelijalla tulee myös tarkistaa kaikki käytettävät



sähköasennusputket, etteivät ne sisällä liikaa halogenoituja palonestoaineita. Bromi- ja klooripitoisuuksien tulee alittaa tuotteessa 0,15 %:n raja-arvo. Molempien aineiden enimmäispitoisuus saa olla yhteensä enintään 0,2 %. Päästövaatimuksien ulkopuolelle jätetään kaikki teknilliset tilat, hissit veden, ilmanvaihdon ja lämmityksen asennus- sekä ohjauksyksiköt, putkikaaret, muhviputket, koje- ja jakorasiat, merkintämaalit, puhdistusaineet, irrotettavat merkintäteipit sekä voiteluaineet kaapeleille ja putkille. (79, s. 10–11, 54, 58–59; 81.)

Lvi-suunnittelussa tulee huomioida, ettei rakennuksen käyttövesiputkiston kuparin määrä ylitä yhtä painoprosenttia. Kuparia saa kuitenkin poikkeuksetta käyttää kaikissa näkyvissä olevissa kylpyhuoneiden putkivedoissa sekä vesikalusteiden liitosjohdoissa, kuten myös jakotukeissa. Kuparin käyttö on sallittu jakotukki- ja vesimittarikaapeissa sekä putkistoissa, jotka palontorjunnanlainsäädännön vuoksi tulee olla kuparisia. Vesipostiventtiilit on vapautettu vaatimuksen piiristä. Kohteessa on hyvä käyttää vaihtoehtoisena putkimateriaalina esimerkiksi komposiittia. Kohteen vastaavalla lvi-suunnittelijalla tulee varmentaa ja kuitata kirjallisella dokumentilla, ettei kuparille asetetut arvot ylity kiinteistössä. Katto- ja julkisivuverhouksmateriaaleissa ei saa ylittää kymmenen painoprosentin rajaa. Vaatimus koskee kattojen vedenpoistotuotteita, räystäskouruja, poistohuuvia, räystäsverkkoja, peiteprofiileja ja vastaavia tuotteita. (79, s. 56; 81.)

### **3.5.9 Luonnon monimuotoisuus**

Vaatimukset kohdistuvat hulevesisuunnittelun toteuttamiseen ja sen hallintaan. Kiinteistön pintavesiä voidaan hallita esimerkiksi hyödyntämällä avoimia vesiväyliä, luonnonrantaista lampia, kosteikkoja sekä sadeveden keräysjärjestelmiä. Toimenpiteillä voidaan saavuttaa enintään kaksi pistettä. Hyödyntämällä keräysjärjestelmän vettä kasvien kasteluun saavutetaan yksi hyvityspiste. Osiossa tulee ottaa huomioon ulkovalaistukseen liittyvät kriteerit, jotka esitettiin aiemmin osiossa 3.5.2. Hyvityspisteitä voidaan saavuttaa myös toteuttamalla kiinteistölle laadukkaita polkupyörien säilytys- ja pesupaikkoja. Asuinrakennuksiin tulee järjestää pyörien pesupaikka ja se tulee varustaa vesipisteellä sekä öljynerotuskaivolla. Opetus- ja toimistorakennuksiin voidaan järjestää sähköpyörien latauspisteet. Suunnittelussa tulee huomioida latauspisteiden kaapelointi. (79, s. 39–40; 81.)

### 3.5.10 Päivänvalon saatavuus ja aurinkosuojaus

Joutsenmerkki vaatii päivänvalon saatavuuden arviointia. Rakennukseen tulee toteuttaa päivänvalosimulaatio, jolla voidaan tarkastella tavoitepäivänvalonsuhdetta (Target daylight factor) tai tavoitevalaistustasoa (Target illuminance). Jompikumpi arvo tulee saavuttaa minimissään 50 %:n osuudelle huonetilan pinta-alaan suhteutettuna. Asuinrakennuksiin tehtävän simulaation tulee todentaa, että yhteisissä oleskelutiloissa päivänvalon saatavuus täyttää vähintään 150 luxin tavoitevalaistustason tai vastaavasti 1,1 %:n tavoitepäivänvalosuhteen. Kerros- ja pientaloihin tehtävien simulointien määrää voidaan keventää, jos simulaatiot toteutetaan vähintään viidelle kriittisimmälle asuinhuoneistolle. Kaikki simulointiin valitut tilat tulee perustella riittävän kattavasti. Simulointien yhteydessä tulee tarkistaa huoneiden yllämpenemistilanteet. (79, s. 71–73; 81.)

Opetusrakennuksissa simulaatio tulee kohdistaa jokaiseen yhteiskäyttötilaan, kuten leikki- ja luokahuoneisiin sekä ryhmätyö- ja opiskelutiloihin. Näissä tiloissa tulee täyttää päivänvalon saatavuudessa 300 luxin tavoitevalaistutaso tai 2,2 %:n tavoitepäivänvalosuhteen raja. Toimistorakennuksissa tulee täyttää edellä mainitut vaatimukset vain työskentelyalueilla. Vaatimus vapauttaa tarkastelusta muun muassa kaikki käytävät ja kylpyhuoneet sekä erityistilat, joissa vaaditaan erilaisia valaistusvaatimuksia. Näitä tiloja ovat esimerkiksi auditoriot, ruokalat, kokoustilat, ammattikeittiöt ja kirjastot. Pohjakerroksessa sijaitsevilla esikouluissa, joissa ympäristö voi rajoittaa päivänvaloa yhteisiin tiloihin tai leikkihuoneisiin tulee täyttää vain päivänvalokerrointa tai päivänvaloa koskeva vaatimus. Suunnittelijalla tulee koostaa rakennuksen kriittisistä tiloista erillinen simulointiraportti, jossa on käytetty joko tavoitepäivänvalo- tai tavoitevalaistussuhdetta. Suunnittelijalla tulee kirjata raportin yhteyteen käytettyjen heijastusarvojen tiedot ja koostaa simuloinnin loppuyhteenveto. (79, s. 71–73; 81.)

### 3.5.11 Lämpöviihtyvyys

Joutsenmerkki ottaa kantaa lämpöviihtyvyyteen ja yllämpenemiseen huolehtimalla yllämpenemisen estämisestä jo suunnitteluvaiheessa. Vaatimuksena on toteuttaa dynaaminen simulointi, jossa tarkastetaan huonetilojen operatiivisia lämpötiloja ja astetuntien määriä. Yllämpenemisen riskipaiikat tulee tunnistaa, ja lisäksi on arvioitava kuuluvatko tarkasteltavat tilat vaatimusten piiriin. Vaatimus koskee tällä hetkellä vain hoivarakennuksia, vanhusten asuinrakennuksia sekä toimisto- ja opetusrakennuksia. Simulointien tulokset saavat ylittää taulukoissa 26 ja 27 esitetyt lämpötila-arvot

vain rajoitetun astetuntimäärän mukaisesti. Taulukoihin on kerätty vain Suomen ja Ruotsin raja-arvot. Vaatimuksen piiristä on vapautettu kaikki ne tilat, joita ei varsinaisesti käytetä asumiseen tai pitkäaikaiseen oleskeluun, kuten saniteettitiloja eteisiä, käytäviä ja varastoja. (79, s. 74–75; 81.)

TAULUKKO 26. Pitkän aikavälin operatiiviset lämpötilarajat (79, s. 74)

Pitkän aikavälin operatiiviset lämpötilat	Suomi	Ruotsi
<b>Toimistorakennukset</b>		
Lämpötila °C	25	26
Enimmäisaika h	150	100
<b>Opetusrakennukset</b>		
Lämpötila °C	25	26
Enimmäisaika h	150	100
<b>Seniori/vanhusten hoivakodit tms.</b>		
Lämpötila °C	26	26
Enimmäisaika h	150	100

TAULUKKO 27. Lyhyen aikavälin operatiiviset lämpötilarajat (79, s. 74)

Lyhyen aikavälin operatiiviset lämpötilat	Suomi	Ruotsi
<b>Toimistorakennukset</b>		
Lämpötila °C	28	28
Enimmäisaika, h, taulukossa 26 annettujen tuntien sisällä.	25	25
<b>Opetusrakennukset</b>		
Lämpötila °C	27	27
Enimmäisaika, h, taulukossa 26 annettujen tuntien sisällä.	25	25
<b>Asuinrakennukset ja muut asiaankuuluvat</b>		
Lämpötila °C	27	27
Enimmäisaika, h, taulukossa 26 annettujen tuntien sisällä.	25	25

Kaksi hyvityspistettä saavutetaan, jos rakennukseen toteutetaan riittävät aurinkosuojaukset sekä energiatehokkaat jäähdytystekniikat. Ulkoisessa aurinkosuojauksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi markiiseja, säleikköjä tai kasvillisuuden tarjoamaa varjostusta. Kaakkoon, etelään ja lounaaseen suunnatut ikkunat tulee varustaa riittävällä aurinkosuojauksella, jos simuloinnit näin vaativat. Käytettäessä huonetilojen viilentämiseen vapaajäähdytystä, tulee käytettävän energian olla peräisin esimerkiksi geoenergiasta, meri- tai järivedestä. Kaukojäähdytyksen hyödyntämisestä ei ole mahdollista saavuttaa hyvityspistettä. Vapaa jäähdytyksen sijaan voidaan hyödyntää passiivisia jäähdytystekniikoita, kuten automatisoitua yöaikaista ilmanvaihtoa. Rakennuksessa voidaan hyödyntää myös sellaisia jäähdytystekniikoita, jotka eivät erikseen edellytä mekaanisten

jäähdytysjärjestelmien asentamista. Toteutuksesta voidaan saavuttaa hyvityspiste, jos tarkastaja hyväksyy ratkaisun erillisen keskustelun jälkeen. (79, s. 75; 81.)

### **3.5.12 Radonpäästöt**

Ympäristöluokituksen vaatimuksena on toteuttaa rakennukset radonturvallisiksi rakennuspaikan geologian ja kansallisten rakentamismääräysten mukaisesti. Vaatimus koskee lähtökohtaisesti vain Suomessa rakentamista, sillä maaperän radonpäästöt ovat täällä korkeampia kuin muissa Pohjoismaissa. Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen mukaisesti radonpitoisuus ei saa ylittää 200 Bq/m<sup>3</sup> rajaa rakennuksessa. Muissa Pohjoismaissa ei ole määritetty yhtä tarkkaa raja-arvoa, jota ei saa ylittää. Kohteeseen tulee toteuttaa maaperän riskianalyysi ja järjestää ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä, joilla varmistetaan viranomaisvaatimusten täyttyminen. Lvi-suunnittelijalla tulee huolehtia riittävästä alapohjan tuulettamisesta yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa joko painovoimaisesti tai koneellisesti. (55; 79, s. 75; 81.)

### **3.5.13 Kosteudenhallinta ja ilmatiiveys**

Joutsenmerkki vaatii rakennukseen ilmatiiveyden mittaamista ja kosteudenhallinnan toimenpiteitä. Kosteudenhallinnan ja ilmatiiveyden koordinoijalla tulee olla riittävä asiantuntemus sekä pätevyys, jotta hänet voidaan hyväksyä hankkeeseen. Kaikki korjaavat toimenpiteet tulee ratkaista koordinaattorin kanssa, jos rakennuksen suunniteltua ilmatiiveyttä tai kosteudenhallintaa ei saavuteta. Kosteudenhallinnassa Joutsenmerkki vaatii RTS-ympäristöluokituksen tavoin kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamista ennen varsinaisen rakentamisen aloitusta. Toteutuksessa voidaan hyödyntää Kuivaketju10-toimintamallia, joka esitettiin RTS-ympäristöluokituksen yhteydessä. Talotekniikan suunnittelijoilla tulee kirjata riittävän kattavasti suunnitelmien ja selostuksien yhteyteen kosteudenhallinnan parantamisen toimenpiteitä. Suunnittelijalla tulee kuitata toimenpiteiden huomiointi Joutsenmerkin dokumentteihin. (79, s. 77–78; 81.)

Ilmatiiveydellä on merkittävä vaikutus rakennuksen energiakulutukseen ja sertifikaatissa vaaditun energialuokan saavuttamiseen. Pienentämällä ilmapuotojen määrää ehkäistään mahdollisten kosteusvaurioiden ja sisäilmaongelmien syntymistä rakennuksessa. Joutsenmerkki vaatii kaikkien rakennusten ilmatiiveyden mittaamista. Pientalot ja opetusrakennukset tulee mitata kokonaan. Muissa asuinrakennuksissa riittää, että vähintään kymmenen prosenttia asuntojen

kokonaismäärästä mitataan. Satunnaisotantaa käytettäessä tulee laatia riittävä menettelytapa, joka varmistaa mittauksien ulkopuolelle jäävien asuntojen ilmatiiveydet. Sertifikaatti sallii huoneistokohtaisen ja porraskohtaisen ilmatiiveysmittauksen toteuttamisen. Joutsenmerkki vaatii dokumentointia, jossa mainitaan vähintään mittausmenetelmät, virheanalyysit ja tuloksien vertailut energialaskennassa käytettyihin arvoihin. Kaikki laskennassa käytetyt arvot tulee saavuttaa. Selkeät ilmanvuotokohdat tulee aina korjata tiiveysmittauksien jälkeen. Korjatuista kohdista tulee toimittaa tarkennetut dokumentit Joutsenmerkin tietokantaan. (79, s. 77; 81.)

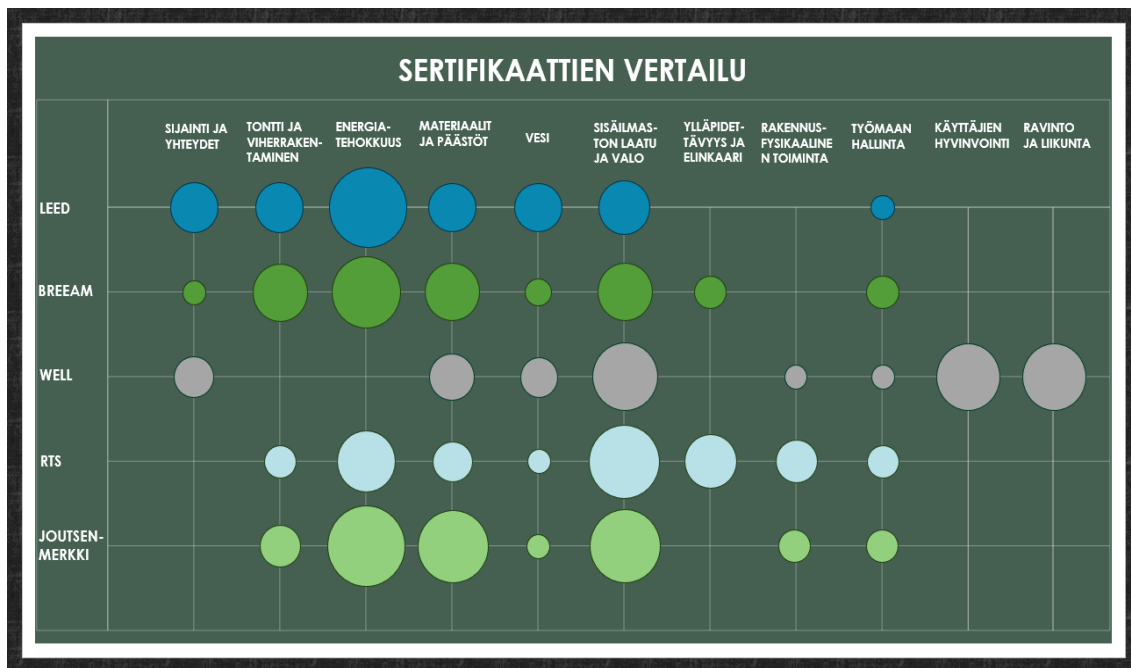
### 3.6 Ympäristöluokituksien vertailu

Ympäristöluokitukset pyrkivät vaatimuksillaan mahdollisimman vastuulliseen, päästöttömään ja ympäristöystävälliseen rakentamiseen. Sertifikaatit pohjautuvat joko kansallisiin tai kansainvälisiin säädöksiin. LEED-, BREEAM- ja WELL-sertifikaateissa käytetään määräyksiä, suosituksia sekä standardeja vaatimusten perustana, ja niitä on sovellettu eurooppalaisiin käytäntöihin sopiviksi. RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki pohjautuvat vastaavasti uusimpiin ja hyväksi todettuihin rakennustapoihin, olosuhteisiin sekä lainsäädäntöön. (16; 33; 42; 48; 63; 67; 79.)

Jokaisella ympäristöluokitusjärjestelmällä on omat arviointikategoriansa, joilla on erilaiset painoarvot ja vaatimukset. Sertifikaattien kategorioiden sisällöissä on paljon samankaltaisuuksia kuin myös poikkeavuuksia. LEED-, BREEAM-, WELL- ja RTS-ympäristöluokitukseen on määritetty useita pisteytyksen raja-arvoja, jotka saavuttamalla ansaitaan hyväksytty arvosana tai tätä korkeampi luokitusaste kiinteistön ympäristöystävällisyydelle. Joutsenmerkin myöntämiseksi riittää pakollisten vaatimusten täyttäminen ja vähimmäispistemäärän saavuttaminen. (16; 33; 42; 48; 63; 67; 79.)

Ympäristöluokituksien painotukset kohdistuvat hiilipäästöihin, sisäilmaston laatuun, vedenkäytön hallintaan, energiatehokkuuteen, lämpöviihtyvyyteen, uusiutuvaan energiaan, valaistukseen, akustiikkaan, materiaalivalintoihin, työmaan hallintaan ja viherrakentamiseen. Kuvassa 11 esitetään koostetusti ympäristöluokituksien painotuksien jakautumiset. Kuvasta voidaan havaita, että jokainen sertifikaatti kiinnittää merkittävästi huomioita sisäilmaston laatuun, valaistukseen, materiaalivalintoihin ja päästöihin, sillä niillä on merkittävästi vaikutusta rakennuksen kestävyys- ja käyttäjien hyvinvointiin. Kaikki ympäristöluokitukset paitsi WELL-sertifikaatti kiinnittävät merkittävästi huomiota rakennuksen energiatehokkuuteen. WELL-ympäristöluokitus keskittyy energiatehokkuuden sijasta enemmän käyttäjien hyvinvointiin ja ravinnon tarjoamiseen. Sertifikaatit kiinnittävät

kokonaisuuden kannalta hieman vähemmän huomiota veden laatuun ja vedenkäytön hallintaan, mutta niiden vaatimukset ovat normaaliin rakentamiseen nähden huomattavasti vaativampia. WELL-ympäristöluokitus jättää kiinteistön tontin ja viherrakentamisen toimenpiteet vähäiselle tarkastelulle, kun muissa sertifikaateissa niihin on määritetty monia valinnaisia vaatimuksia. Kaikki sertifikaatit kiinnittävät myös vaihtelevasti huomiota rakennustyömaan toimintaan ja sen ohjaamiseen. (16; 33; 42; 48; 63; 67; 79.)



KUVA 11. Ympäristöluokituksen painoarvojen vertailua (16; 33; 42; 48; 63; 67; 79.)

Ympäristöluokituksen poikkeavuudet kohdistuvat rakennuksen sijaintiin ja liikennejärjestelyihin, rakennusfysikaaliseen toimintaan, rakennuksen ylläpidettävyyteen sekä sen elinkaareen. Ulkomaiset ympäristöluokitukset kiinnittävät enemmän huomiota rakennuspaikkaan ja ympäristöystävällisten kulkuvälineiden käyttöön kuin Pohjoismaiset luokitusjärjestelmät. RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki vaativat rakennukseen merkittävästi enemmän kosteudenhallinnallisia toimenpiteitä kuin muut ympäristöluokitukset. BREEAM- ja RTS-ympäristöluokitukset huomioivat rakennuksen ylläpidettävyyttä ja elinkaarta enemmän kuin muut sertifikaatit, sillä ne haluavat varmistua rakennuksen laadun pysyvyydestä myös vuosikymmenien ajan. (16; 33; 42; 48; 63; 67; 79.)

LEED- ja RTS-ympäristöluokituksen sekä Joutsenmerkin hyväksynnit voidaan pääsääntöisesti toteuttaa rakennuttajan projektitiimin keräämän materiaalin pohjalta. LEED:ssä voidaan saavuttaa lisäpiste käyttämällä pätevöitynyttä henkilöä hankkeessa. BREEAM- ja WELL-sertifikaatit vuorostaan edellyttävät, että prosessissa käytetään erillistä konsulttia, joka arvioi vaatimusten

täyttymiset. LEED-, BREEAM ja WELL-sertifikaatit myönnetään ulkomailla sitä hallinnoivan tahon toimesta. RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki haetaan Suomessa sertifikaattia hallinnoivan tahon kautta. Ulkomaalaisten sertifikaattien materiaalit ovat englanninkielisiä, joita ei ole erikseen käännetty suomen kielelle. Joutsenmerkki ja RTS ovat saatavissa suomen kielellä. Kaikki työssä käsitellyt sertifikaatit soveltuvat toimisto-, liike-, palvelu- ja asuinrakentamiseen. Ulkomaalaistaustaiset sertifikaatit kuitenkin soveltuvat huomattavasti laajemmin myös muihin rakennustyyppeihin kuin uudisrakennuskohteisiin, sillä suomalaiset ympäristöluokitukset eivät ole näissä rakennustyypeissä vielä yhtä pitkälle kehitettyjä. (16; 33; 42; 48; 63; 67; 79.)

## 4 SUUNNITTELUOHJEIDEN LUONTI JA KÄYTTÖÖNOTTO

Osiassa 2.3 työn tavoitteet kerrottiin, että opinnäytetyön tavoitteena on kehittää yksinkertaiset talotekniikan suunnitteluohjeet ja niitä tukevat aputyökalut Elvak Oy:lle. Ohjeilla kehitetään yrityksen taloteknistä suunnittelua sekä projektijohtamista ympäristöluokitusta tavoittelevissa rakennushankkeissa. Tässä työssä laadittavalla suunnitteluaineistolla vähennetään talotekniikkasuunnitteluun käytettävää aikaa tehostamalla suunnittelutoimenpiteitä jo hankkeen alkuvaiheista lähtien. Suunnitteluohjeilla kevennetään projektityön aiheuttamaa suunnittelijoiden ja projektipäälliköiden työkuormaa. Opinnäytetyö kasvattaa Elvak Oy:n henkilöstön tietoisuutta ympäristöystävällisestä rakentamisesta ja helpottaa suunnitelmien laatimista ympäristöluokiteltuihin kiinteistöihin. Opinnäytetyö tukee myös yrityksen strategisia toimenpiteitä toimia talotekniikan edelläkävijänä.

Opinnäytetyössä keskityttiin suunnitteluprojektien sisäiseen kehittämiseen perehtymällä kattavasti erilaisten ympäristösertifikaattien rakenteeseen ja niiden talotekniseen sisältöön. Ympäristöluokituksia käsiteltiin hyvin kattavasti kolmannessa pääluvussa. Seuraavassa alaluvussa 4.1 kehitystyön analysointi ja toteutus, käydään tarkemmin läpi tämän kehitystyön eri vaiheita ennen varsinainen suunnitteluohjeiden materiaalirungon esittelyä. Kaikki työssä luodut talotekniikan suunnitteluohjeet ja aputyökalut löytyvät tämän opinnäytetyön liitteistä 1–6. Toimeksiantajan toiveesta kyseisiä liitteitä ei julkisteta tässä julkisessa versiossa.

Työssä tarkastellaan ympäristösertifikaattihankkeiden projektijohtamista yrityksessä. Projektijohtamisen osiassa käydään läpi toimenpiteitä, joilla talotekniikan organisaatio ottaa käyttöönsä tässä opinnäytetyössä luodut suunnitteluohjeet. Ohjeiden käyttöönotossa hyödynnetään yrityksen sisäisiä projektijohtamisen menetelmiä, jotka kehittävät suunnitteluprojektien hallintaa ja vahvistavat projektiryhmien sekä suunnittelutiimien toimintaa.

### 4.1 Kehitystyön analysointi ja toteutus

Kehitystyö aloitettiin sisäisellä tutkimuksella. Tutkimuksessa selvitettiin mitkä ympäristöluokitukset ovat esiintyneet yrityksen suunnitteluhankkeissa, ja mitkä ympäristösertifikaatit ovat tällä hetkellä eniten esillä uudisrakennuksissa sekä peruskorjaushankkeissa. Kerättyjen tietojen pohjalta



opinnäytetyössä päädyttiin tutkimaan viittä eri ympäristöluokitusta, jotka olivat LEED-, BREEAM-, WELL-, RTS-ympäristöluokitus ja Pohjoismaiden Joutsenmerkki.

Työssä tutustuttiin valittujen ympäristöluokitusten kirjallisuuteen. Kehitystyön kirjallinen osuus kohdistettiin ensimmäiseksi ulkomaalaisiin ympäristöluokituksiin. LEED-, BREEAM- ja WELL-ympäristöluokitukset ovat olleet eniten esillä yrityksen viimeaikaisissa suunnitteluhankkeissa ja tarjouspyyntöaineistoissa. Yrityksellä oli myös näistä ympäristöluokituksista vähiten tiedossa talotekniseen suunnitteluun ja projektijohtamiseen vaikuttavat toimenpiteet. Yrityksen suunnitteluhankkeet ovat suurimmaksi osaksi yksityiseltä sektorilta, jossa kansainvälisesti tunnettujen ympäristösertifikaattien merkitys on noussut selkeästi näkyviin. Kansainvälisesti tunnetut ympäristösertifikaatit houkuttavat ulkomaalaisia sijoittajia sitomaan varojaan energiatehokkaisiin ja ympäristöystävällisiin kiinteistöihin ympäri maailmaa.

Opinnäytetyön kirjallisuuteen perehtyminen ja suunnitteluohjeiden valmistelu aloitettiin tammi-kuussa 2022. Työssä tutustuttiin ensimmäisenä LEED-ympäristöluokituksen rakenteeseen ja talotekniseen sisältöön. Tämän jälkeen työssä tutustuttiin BREEAM- ja WELL-sertifikaattien taloteknisiin sisältöihin. Jokaisesta työhön valitusta ympäristöluokituksesta tuli selvittää, kuinka niiden pisteytykset ja arvosanat jakautuvat. Tutkimuksella pyrittiin hahmottamaan ympäristöluokitusten yleistä rakennetta ja havainnollistamaan arvosanan perusteella vaadittavia taloteknisiä suunnitteluohjeita. Kirjallisuuden tutkinnassa hyödynnettiin myös yrityksen sisäistä aineistoa vihreän rakentamisen ja suunnittelun toimenpiteistä. Työn alkuperäisenä tavoitteena oli laatia suunnitteluohjeet vain lvi-suunnittelua varten. Työn kuva laajennettiin koskemaan myös sähkö- ja automaatio-suunnittelua, jotta opinnäytetyöstä saadaan maksimaalinen hyöty organisaation käyttöön.

Ulkomaalaiset ympäristöluokitukset sisältävät useita englanninkielisiä standardeja. Jokaista standardia tulee käyttää apuna ympäristöluokitusta tavoittelevan kiinteistön suunnittelussa. Tässä opinnäytetyössä ei perehdytty jokaiseen ympäristöluokituksissa esitettyyn standardiin. Työhön rajattiin tutkittavaksi ulkomaalaisten ympäristöluokitusten yhteneväiset standardit. Opinnäytetyössä täytyi perehtyä myös Suomen lainsäädäntöön ja kansallisiin hyviin rakennustapoihin. Ympäristöluokitusten vaatimuksia verrattiin lainsäädännöllisiin asetuksiin ja ohjeisiin, jotta organisaation taloteknisessä suunnittelussa vältytään laatimasta lainvastaisia suunnitteluratkaisuja. Työn tarkoituksena ei ollut tutkia ympäristöluokitusten eroavaisuuksia tai niiden yhteneväisyyksiä. Tavoitteena oli luoda suunnittelua tukevat suunnitteluohjeet, jotka huomioivat ympäristöluokitusten vaatimukset ja

Suomen lainsäädännön vaatimukset. Englanninkielisten ympäristöluokitusten kirjalliseen tutkimukseen käytettiin aikaa yhteensä viisi kuukautta.

Ulkomaalaisten ympäristöluokitusjärjestelmien tutkimuksen jälkeen työssä perehdyttiin RTS-ympäristöluokitukseen ja Joutsenmerkkiin. Molempien ympäristöluokitusten dokumentit ovat saatavilla suomen kielellä. Kyseisiä sertifikaatteja esiintyy enemmän julkisen sektorin hankkeissa kuin yksityisellä sektorilla. Kumpaakaan ympäristöluokitusta ei ole vielä merkittävästi esiintynyt yrityksen liiketoiminnassa, joten niiden tutkiminen jätettiin myöhempään vaiheeseen. RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki ovat huomattavasti paremmin sovellettavissa suomalaisen lainsäädäntöön sekä suomalaisiin olosuhteisiin. Sertifikaattien kirjallista tutkimusta ja suunnitteluohjeiden luontia pystyttiin toteuttamaan tehokkaammin, sillä ne ovat merkittävästi tiiviimpiä ja pienempiä kokonaisuuksia verrattuna kansainvälisesti tunnettuihin ympäristöluokituksiin. Suomenkielisten ympäristöluokitusten kirjalliseen tutkimukseen käytettiin aikaa yhteensä kaksi kuukautta.

Kirjallisten tutkimusten jälkeen organisaation johto toivoi ympäristöluokituksiin pohjautuvan taloteknisen esitelmän pitoa. Organisaation johdolla ei ollut merkittävää kokemusta ympäristösertifikaattien vaikutuksista talotekniseen suunnitteluun. Yritykselle luotiin ympäristöluokitusten kirjallisuuden perusteella PowerPoint-esitys, jossa esitellään tiivistetysti työhön valittujen ympäristöluokituksen arvosanojen jakautumiset, talotekniset toimenpiteet ja ympäristöluokitusten vertailut.

Yrityksen johtoryhmälle järjestettiin ensimmäinen ympäristöluokituksiin liittyvä PowerPoint-esitys vuoden 2022 lopulla. Esitelmän avulla yrityksen johdolle sisäistettiin opinnäytetyön aiheen merkitystä ja sen luomia tulevaisuuden mahdollisuuksia yrityksen toimintaan. Esitelmä löytyy tämän työn liitteestä 7. Liitettä ei julkisteta tässä julkisessa versiossa. Organisaation johtoryhmä jäi mielenkiinnolla odottamaan seuraavaa ympäristöluokitusten esitelmää ja ensimmäisten taloteknisten suunnitteluohjeiden valmistumista.

Ympäristöluokitusten suunnitteluohjeet valmistuivat vaiheittain. Ensimmäiseksi valmistui englanninkieliset LEED-, BREEAM- ja WELL-suunnitteluohjeet. Dokumenttien ensimmäiset vedokset julkistettiin tarkasteltavaksi joulukuussa 2022. Tämän jälkeen työssä valmistui RTS-ympäristöluokituksen ja Joutsenmerkin suunnitteluohjeet. Molempien dokumenttien ensimmäiset vedokset julkistettiin tarkasteltavaksi helmikuussa 2023. Suunnitteluohjeet ja aputyökalut esiteltiin maaliskuussa 2023 organisaation talotekniikkapäällikölle. Kokouksessa käytiin yksityiskohtaisesti läpi talotekniikan suunnitteluohjeiden sisällöt ja kiinnitettiin huomiota ulkonäöllisten kohtien parantamiseen.

Ulkonäöllisten toimenpidemuutoksien jälkeen suunnitteluohjeet luovutettiin organisaatiolle. Suunnitteluohjeiden käyttöönoton ajankohdat määriteltiin tulevalle syksylle. Seuraavaksi työssä tarkastellaan suunnitteluohjeiden rakennetta ennen kuin siirrytään tutkimaan ympäristöhankkeiden projektijohtamista ja ohjeiden käyttöönoton toimenpiteitä yrityksessä.

## 4.2 Suunnitteluohjeet ja aputyökalut

Työssä kehitettiin talotekniikkasuunnittelun avuksi ympäristösertifikaattikohtaiset suunnitteluohjeet sekä niiden käyttöä tukevat aputyökalut. Suunnitteluohjeet ja aputyökalut toimivat hyvänä apuna niin kokeneille kuin kokemattomille suunnittelijoille, jotka työskentelevät ympäristösertifikaattihankkeiden parissa. Niiden avulla voidaan vähentää muistin varassa olevaa tietoa, ja tällöin kaikkea tarvittavaa informaatiota ei tarvitse opiskella täysin uutena tietona. Suunnitteluohjeisiin on kerätty kolmannessa pääluvussa esitettyjen ympäristösertifikaattien talotekniset määritelmät tiivistettynä kokonaisuutena. Ohjeista tehtiin mahdollisimman yksinkertaisia, jotta niitä voidaan hyödyntää tehokkaasti suunnittelijan työkokemuksesta riippumatta. Ohjeistukset eivät saa olla liian pitkiä, jotta käyttäjä pystyy keskittymään riittävästi ympäristösertifikaatin hankekohtaisiin vaatimuksiin.

Ympäristöluokitusten talotekniset vaatimukset ovat hyvin samantyyppisiä sertifikaatista riippumatta. Jokaisessa ympäristöluokituksessa on kuitenkin erilaisia toimenpiteitä, joilla vaatimukset tulee täyttää. Tämän vuoksi kaikista tässä työssä tutkituista ympäristöluokituksista luotiin omat suunnitteluohjeensa. Jokaisen taloteknisen suunnitteluohjeen keskimääräiseksi pituudeksi tuli noin 32 sivua. Seuraavaksi työssä tarkastellaan luotujen talotekniikkaohjeiden rakennetta.

Suunnitteluohjeet sisältävät yritykselle luodun kansilehden, päivityshistorian, sisällysluettelon ja sertifikaattien talotekniset vaatimukset. Talotekniset osuudet on selkeästi jaoteltu ympäristöluokitusten sisältämiin pää- ja alakategorioihin. Jokaisen kategorian otsikkoon on sisällytetty tiedot mihin talotekniseen suunnittelualaan pakolliset ja valinnaiset vaatimukset kohdistuvat, ja kuinka monta taloteknistä suunnittelupistettä osiosta on mahdollista saavuttaa. Ohjeiden luonnissa hyödynnettiin Microsoft Wordia, jotta dokumentit ovat rakenteensa puolesta helppokäyttöisiä, käyttäjystävällisiä ja yksinkertaisesti muokattavissa. Dokumenttien selkeällä rakenteella voidaan ympäristöluokitusten talotekniset vaatimukset sisäistää nopeammin. Yrityksen taloteknisten suunnittelualojen jäsenet eli lvi-, sähkö- ja automaatio-suunnittelijat voivat poimia dokumentista nopeasti heitä koskevat vaatimukset ja suunnittelutoimenpiteet ohjaamaan kohdesuunnittelua. Ohjeiden

käyttäjä voi halutessaan piilottaa dokumentista kaikki muut ylimääräiset kategoriat. Kuvassa 12 esitetään Joutsenmerkille luodun suunnitteluohjeen tietoja.



## O2 Saavutetut pisteet (P) (LVIAS)

Projektien tulee täyttää vähimmäisvaatimus kokonaispistemäärälle taulukon 1 mukaisesti.

Rakennustyyppi	Suomi	Ruotsi
Pientalot, seniori- ja palvelutalot	26	28
Kerrostalot	23	25
Toimistot	23	25
Opetusrakennukset	22	24

- Taulukko 1. Minimivaatimus kokonaispistemäärästä.
- Edellä mainitun taulukon 1 lisäksi tulee saavuttaa ympäristömerkityistä rakennustuotteista vähimmäispistemäärä.
  - Suomi vähintään 6 p.
  - Ruotsi vähintään 8 p.

### KUVA 12. Joutsenmerkki LVIAS-tiivistelmän ohjeistusta suunnitteluprojektille

Osa ympäristöluokitusten sisältämistä taloteknisistä vaatimuksista kohdistuu useampaan eri suunnittelualaan. Nämä osiot on merkitty suunnitteluohjeisiin yhteisellä taloteknisellä nimikkeellä. Suunnitteluohjeet sisältävät myös energia- ja hiilijalanjäljenlaskentaan, rakennusmateriaaleihin ja elinkaarikustannuksiin liittyviä toimenpiteitä sekä ohjeita. Kerätyillä lisätiedoilla pyritään saavuttamaan suunnittelijoille vahvempaa käsitystä suunnittelualojen keskinäisistä riippuvuuksista ja yhteistyön merkityksestä, Tehokkaalla suunnittelualojen välisellä yhteistyöllä voidaan toteuttaa entistä parempia ja kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja. Suunnitteluohjeiden avulla voidaan myös kyseenalaistaa tai tarkentaa kohdekohtaiseen suunnitteluun kohdistuvia vaatimuksia projektisuunnittelun aikana.

Ympäristöluokitusten taloteknisiin kategorioihin on kerätty kaikki maininnat sertifikaateissa mainituista standardeista ja ohjeista. Toimenpiteellä halutaan kiinnittää huomiota kansainvälisiin ohjeistuksiin ja perehdyttää suunnittelijoita huomioimaan myös niiden vaikutukset kohdesuunnitteluun. Lisäksi työssä esitetään Suomen lainsäädännön, asetusten ja ohjeiden vaatimuksia, jotta mahdollisten virheiden määrää voidaan vähentää kohdekohtaisessa suunnittelussa. Suunnittelussa tulee aina ensisijaisesti täyttää Suomen lainsäädännön asettamat vaatimukset. Tämän jälkeen voidaan toteuttaa ympäristöluokituksissa määritettyjä suunnitteluvaatimuksia. Suunnitteluohjeisiin ei ole kirjattu kaikkien standardien sisältämiä yksityiskohtaisia vaatimuksia. Yritykselle hankitaan käyttöön kaikki maksulliset standardit, jotka koetaan tarpeelliseksi.

Yritykselle luotiin ja hankittiin ympäristösertifikaattien aputyökaluja, joilla edistetään ympäristöluokitusten taloteknistä projektisuunnittelua. Suunnitteluohjeiden kategorioissa viitataan osiossa tarvittaviin aputyökaluihin. Kaikki yritykselle luodut aputyökalut löytyvät yrityksen tietokannasta.

Aputyökaluilla tehostetaan projektisuunnittelua ja vähennetään projektipäälliköiden selvitystyön määrää. Suunnittelun avuksi luodut työkalut ovat Excel-tiedostoja. Liitteessä 1 esitetään LEED-, BREEAM- ja WELL-sertifikaateille kehitetty ASHRAE 62-2010-2019 Excel-ilmanvaihtolaskuri. Siihen on kerätty kaikki ASHRAE-standardeissa mainitut ilmamäärät huonetilatyypin mukaisesti ja oteltuna. Excel-ilmanvaihtolaskuriin on sisällytetty huonetilojen poistoilmaluokat sekä ulospuhallus- ja ulkoilmavirtalaitteille vaaditut etäisyydet. Laskuria voidaan käyttää määrittämällä huonetilan kokoneliömetreissä ja arvioimalla tilan henkilökuormaa. Ilmanvaihtolaskuri laskee automaattisesti tilaan tarvittavan ilmamäärän syötettyjen tietojen perusteella. Lvi-suunnittelija voi verrata saatua ilmavirtamäärää Suomessa käytettäviin ilmamääriin. Suurempaan ilmamäärään ohjaava suunnitteluarvo tulee valita käytettäväksi huonetilaan. Taulukossa 30 ja kuvassa 13 esitetään Excel-ilmanvaihtolaskurin sisältöä ja tilojen poistoilmaluokkia.

TAULUKKO 30. ASHRAE 62-2010-2019 ilmanvaihtolaskurin poistoilmaluokkia

Taulukko 6-3 Ilmavirrat tai -lähteet	Poistoilmaluokka
Kaupallisten keittiöiden rasvahuuvut	4
Kaupallisten keittiöiden muut laitteet	3
Diatsopainolaitteiden päästöt	4
Hydrauli-hissin konehuone	2
Laboratoriohuuvut	4
Maaliruiskutuskopit	4
Kylmäkonehuoneet	3
Asuntojen keittiöhuuvut tilapäisessä käytössä	3

Ilmanvaihto hyväksyttävää sisäilman laatua varten ASHRAE:n vaatimukset käyttöasteluokkien perusteella.	TÄYTÄ HARMAALLA OLEVAT KOHDAT JA LUE ARVOT VIHREÄSTÄ TAULUKOSTA						
Sisältää ASHRAE 62.1-2010-2019	Ulkoilmamäärä hlö (l/s)	Ulkoilmamäärä m <sup>2</sup> (l/s/m <sup>2</sup> )	Käyttöaste (#/100m <sup>2</sup> )	Tilan henkilö määrä (kpl)	Tilan pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Tilan ulkoilmamäärä (l/s)	Poistoilmaluokka
	Rp	Ra		Pz	Az	Vbz	
<b>TERVEYDENHUOLTOLAITOKSET</b>							
Potilashuoneet	13	0	0,1	0	0	0,0	1
Lääketieteelliset toimenpiteet	8	0	0,2	0	0	0,0	1
Leikkaussalit	15	0	0,2	0	0	0,0	1
Heräämö- ja teho-osasto	8	0	0,2	0	0	0,0	2
Ruuminavaushuoneet	0	2,5	0,2	0	0	0,0	2

KUVA 13. ASHRAE 62-2010-2019 ilmanvaihtolaskuri

Suunnitteluohjeiden alakategorioiden yhteyteen on luotu dokumentit -osio, joka kertoo talotekniikan suunnittelijalle lisädokumenttien tarpeesta ja suunnitteluun liittyvistä tarkennuksista. Toimenpiteellä tehostetaan projektikohtaisten vaatimuksien toteutusta ja tarkastamista jokaisen eri suunnitteluvaiheen aikana. Osiota voidaan hyödyntää myös tarjouslaskennoissa, jos hankkeille on jo tiedoissa ympäristöluokituksen alustavat tavoitteet. Tarjouslaskennoissa voidaan arvioida projektikohtaisesti kuinka paljon eri suunnittelutoimenpiteet ja lisädokumentit kasvattavat yrityksen suunnittelukustannuksien määrää.

Dokumentit -osion alapuolelle on luotu suunnittelua ja piirtämistä koskevat muistiinpanot -osio. Siihen on kerätty kaikki tarvittavat talotekniset toimenpiteet, jotka tulee huomioida piirustuksien teossa. Esimerkiksi LEED- ja BREEAM-ympäristösertifioinneissa on suuria vesikalustevirtaamien rajoituksia, jolloin lvi-suunnittelijalla täytyy muistaa huomioida pienemmät vesivirtaamat viemärikaadoissa. Suunnittelussa ja toteutuksessa tulee tarvittaessa käyttää sellaisia viemäriosia, jotka eivät tukkeudu pienemmästä vesivirtaamasta. Suunnitteluratkaisuissa tulee aina ensin täyttää Suomen lainsäädännössä asetetut vaatimukset ennen kuin toteutetaan ympäristöluokituksien vaatimuksia. Muistiinpanoihin on kerätty myös muita suunnitteluun vaikuttavia toimenpiteitä. Niissä mainitaan esimerkiksi tietoja, jotka tulee toimittaa energialaskentaan.

Suunnitteluohjeisiin on sisällytetty liitteet-osio, johon on kerätty ympäristöluokituksien suuret asiakokonaisuudet. Niihin viitataan suunnitteluohjeiden tekstiosuoksissa. Liitteistä voidaan helpommin tarkastaa ja verrata kategorioiden vaatimuksia Suomen lainsäädännöllisiin vaatimuksiin. Liitteisiin on kerätty useita eri taulukoita ja niihin liittyviä tarkennuksia. Toimenpiteellä yhtenäistetään sertifikaattien pää- ja alakategorioiden tekstikokonaisuuksia, jotta niiden rakenne pysyy mahdollisimman yksinkertaisena ja helposti muokattavana. Kaikki yritykselle luodut suunnitteludokumentit löytyvät tämän työn liitteistä 1–6. Yrityksen johdolle ja sisäiseen koulutukseen luotu PowerPoint -esitys löytyy tämän työn liitteestä 7. Dokumentteja ei julkisteta tässä julkaistavassa versiossa.

Luoduilla suunnitteluohjeilla ja siihen liittyvillä työkaluilla voidaan positiivisesti vaikuttaa muun muassa projektiaikatauluun, suunnitelmien laatuun ja asiakastytyväisyyteen. Ohjeet tehostavat suunnittelutoimenpiteitä hankesuunnitteluvaiheesta aina rakennuksen käyttöönottoon saakka. Suunnitelmien ja rakentamisen laatu paranee, kun kaikki ympäristöluokituksien talotekniset vaatimukset sekä mitoitustekniset asiat on huomioitu suunnitteluohjeiden mukaisesti. Suunnittelija pystyy ohjeiden avulla sisäistämään nopeammin sertifikaattien vaikutukset suunnitteluun. Projektipäällikön tekemät suunnitelmien korjaukset kevenevät, sillä ohjeita voidaan hyödyntää tarkastuksissa.

Suunnitteluohjeet auttavat asiakkaiden ja rakennuttajien konsultoinnissa. Ohjeiden avulla voidaan laatia yksinkertaisia ja kustannustehokkaita ratkaisuja jo ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista. Ohjeilla voidaan myös pienentää työmaa-aikaisten kyselyiden sekä selvitystarpeiden määrää, kun suunnitelmissa esitetään ja mainitaan kattavasti ympäristöluokituksien taloteknisiä toimenpiteitä. Suunnittelupuutteiden ja muutosten määrät vähenevät työmaa-aikana, jolloin urakoitsijoiden lisä- ja muutostöitä voidaan karsia. Positiivinen vaikutus voidaan havaita myös projektikohtaisessa suunnittelussa, sillä se vähentää muutossuunnitelmien tekoa ja työkuorman määrää. Työn

lopputulos vaikuttaa positiivisesti yrityksen katteeseen, työntekijöiden hyvinvointiin, projektien parempaan ajanhallintaan ja vähentää projektien eri suunnitteluvaiheisiin käytettävää suunnittelu-aikaa.

### 4.3 Projektijohtaminen ympäristösertifikaattihankkeissa

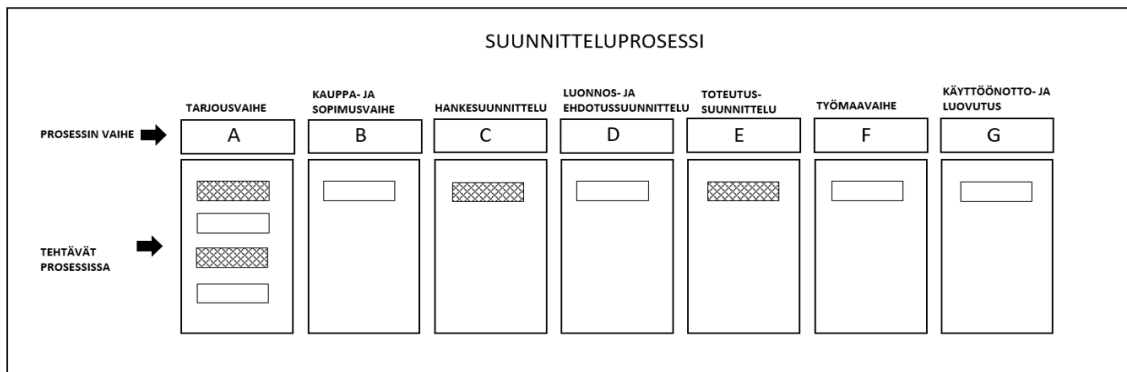
Suunnitteluprojektiin liittyy aina valmistavia toimenpiteitä, suunnittelua, johtamista sekä valvontaa. Yrityksen talotekniikan suunnitteluun osallistuu yleensä oman suunnittelualanensa projektipäällikkö, vastaava suunnittelija sekä piirtäjä. Organisaatiossa on määritetty jokaiselle työntekijälle oma asemansa yrityksen toiminnassa. Suunnittelukohteen laajuudesta ja työkuormasta riippuen osa suunnittelu- ja johtamistöistä saatetaan jakaa useamman työntekijän kesken tai vastaavasti yksi suunnittelija vastaa työpanoksellaan koko projektista. (2.)

Projektinhallinnassa sekä projektinjohtamisessa nousee selkeästi esiin projektipäällikön rooli. Onnistuvan projektin keskiössä on ihmisten johtaminen, viestintä, sekä suunnittelutiimin keskinäinen vuorovaikutus. Projektinhallinta ja -johtaminen ovat viestintää toisten ihmisten kanssa. Kehittämällä projektin sisäistä viestintää, saavutetaan tehokkaammin projektille asetetut suunnittelutavoitteet. Kommunikaation tulisi pääsääntöisesti tapahtua projektipäällikön suunnasta. Lisäksi on ehdottoman tärkeää, että kaikki tarvittavat suunnittelutiedot löytyvät yhdestä paikasta ja tiedostot ovat projektiin osallistuvien henkilöiden saatavilla. (2.)

Strategia tulee jalkauttaa johtoportaasta työntekijöiden keskuuteen, jotta se saadaan vietyä suunnitelmasta käytäntöön. Strategian pohjalta suunnitteluryhmän esihenkilö vetää omaa tiimiänsä ja johtaa keskeiset muutos- ja kehittämiskohteet työntekijöilleen. Onnistuneen jalkauttamisen myötä työntekijä ymmärtää, tahtoo, uskoo, osaa ja toimii yrityksen strategian mukaisesti. Tärkeintä on, että tiimi ymmärtää strategiasta sen osan mikä liittyy heidän tekemiseensä. Tiimille asetetaan omat tavoitteet ja odotukset strategian saavuttamiseksi. Kaikkien yrityksen jäsenten tulee ymmärtää, kuinka oma työpanos sekä tiimin yhteinen tekeminen on kytköksissä muihin suunnittelutiimeihin ja heidän työpanokseensa. Strategian jalkauttamisessa on kyse muutoksen johtamisesta. Se on viestintää eli dialogia, kuuntelemista ja jaetun ymmärryksen rakentamista. (2.)

Opinnäytetyössä hyödynnetään yritykselle luotua talotekniikan suunnittelun prosessikaaviota suunnitteluohjeiden käyttöönottamisessa. Nykyinen suunnitteluprosessikaavio on laadittu

hyödyntämällä taloteknisen suunnittelun tehtäväluetteloa TATE 18, jonka mukailtu versio esitetään kuvassa 14. Yritykselle luotuun suunnitteluprosessiin on lisätty tehtäväluettelon lisäksi muita tärkeitä projektinjohtamiseen ja suunnitteluun liittyviä kohtia, jotka varmistavat suunnitteluprojektin läpivientä. Prosessikaaviolla ohjataan suunnittelun vaiheittaista toteuttamista. Sillä jaetaan projekti-kohtaisia vastuualueita selkeämmin esihenkilön, projektipäällikön ja suunnittelijan vastuulle. Toimenpiteet vaikuttavat positiivisesti työkuorman hallintaan ja organisaation työntekijöiden hyvinvointiin.



KUVA 14. Talotekniikan suunnitteluprosessin vaiheet TATE18 mukailtuna (5)

Talotekniikan suunnitteluprosessia ja prosessiin liittyviä kokonaisuuksia kehitetään jatkuvasti yrityksessä. Toimenpiteillä pyritään parantamaan toimitusprojekteja, tarjous- ja kustannuslaskentaa, projektien aikataulutusta, resurssointia, projektinjohtamista sekä -hallintaa. Prosesseja kehittämällä selkeytetään projekti-kohtaisten suunnitteluryhmien toimintaa sekä tehtäviä. Lopputuloksena suunnitteluprojektit voidaan toteuttaa kannattavampana, ja työntekijöiden motivaatiotaso saadaan pysymään korkeammalla. Tässä työssä ei syvennytä yritykselle luotuun suunnitteluprosessikaavioon ja sen sisältämiin toimenpiteisiin. Seuraavaksi pohditaan käytännön tasolla mihin suunnitteluprosessin kohtiin sertifikaatteihin liittyvät suunnitteluohjeet painottuvat, ja kuinka käyttöönottoa sekä projektinjohtamista tulee toteuttaa ympäristöluokitelluissa suunnitteluhankkeissa.

Talotekniikan suunnitteluohjeiden sisältö ja projektinjohtamisen toimenpiteet kohdistuvat pääsääntöisesti prosessikaavioon kohtiin A-E eli tarjousvaiheesta toteutussuunnitteluvaiheeseen. Alkuperäisen toimenpiteillä on merkittävä vaikutus suunnitteluprojektin aikataulun pitävyyteen. Mahdollisimman virheettömällä sekä tehokkaalla toteutuksella mahdollistetaan kannattavaa liiketoimintaa ja taataan parempaa asiakastytyväisyyttä. Riittävällä ennakkoinnilla ja resurssitarpeiden kartoituksella voidaan varata jokaiselle projektille riittävästi suunnittelu-aikaa.



Talotekniset suunnitteluprojektit tulisi pyrkiä aloittamaan silloin, kun kaikki tarpeelliset lähtötiedot suunnittelun toteuttamista varten on saatu ja rakennuksen pohjakuvat on lukittu. Näin pystytään varmistamaan ympäristösertifikaattien taloteknisten vaatimusten täyttymiset helpommin, jos ne huomioidaan jo suunnittelun aloitusvaiheessa. Mikäli projektien aloituksessa on selviä lähtötietojen puutteita, tulee kaikki oleelliset tiedot saada kerättyä ajoissa kasaan, jotta projektien läpivienti saadaan pysymään edelleen tehokkaana. Näin vältetään alkuvaiheen suunnittelun muutos- ja päivitystarpeilta. Suunnitteluohjeilla pystytään ennakoimaan ja minimoimaan suunnitteluun kohdistuvia vaateita ja tietopuutteita. Ohjeilla pystytään osoittamaan asiakkaille yrityksen asiantuntevuutta ympäristösertifikaattihankkeiden toteuttamisesta ja niiden huomioimisesta taloteknisessä suunnittelussa.

Ympäristösertifikaattien suunnitteluohjeilla pystytään arvioimaan tarkemmin asiakkaille tarjousvaiheessa ilmoitettavia suunnittelukustannuksia. Ohjeiden avulla voidaan täsmentää projektien suunnitteluhintoja, ja määrittää tarkemmin eri vastuu- ja laajuusrajoja. Vastuurajaan voidaan esimerkiksi sisällyttää laskentatarkkuus ja laajuusraajan kertalaskenta, joka ei sisällä muutossuunnittelun tarjoustusta. Laskennassa voidaan hyödyntää yrityksen laskentatyökalua, jota voidaan tulevaisuudessa jatkokehittää huomioimaan ympäristöluokitusten aiheuttamia suunnittelun lisäkustannuksia.

Kauppa- ja sopimusvaiheessa suunnitteluhankkeelle resursoidaan projektipäällikkö sekä suunnittelija, jos suunnittelutilauksen kustannusarvio hyväksytään. Tässä vaiheessa tulee tilaajalta tiedustella talotekniikan lähtötietomuistiota, johon määritetään rakennettavan kiinteistön vaatimuksia. Ennen suunnittelun aloitusta tulee määrittää ympäristösertifikaatista tavoiteltava luokitustaso, ja siitä haettavat talotekniikkapisteet. Projektipäälliköllä kannattaa tässä vaiheessa järjestää tilaajan kanssa erillinen aloituskokous. Kokouksessa voidaan käydä läpi kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja ja perustella taloteknisen näkökulman toimenpiteitä, joilla saavutetaan parhaimmat mahdolliset talotekniset tulokset ympäristösertifikaattihankkeissa. Palaverimuistioon voidaan kirjata myös tilaajan käyttämiä tukkureita, laitevalmistajia ja eri komponentteja, joita voidaan hyödyntää kohdekohtaisessa suunnittelussa. Näin projektista saadaan toimivampi kokonaisuus molemmille osapuolille. Sopimusvaiheessa tulee myös käydä tarkemmin läpi kohteen suunnitteluaiakataulu.

Hankesuunnitteluvaiheessa projektipäälliköllä tulee käydä suunnittelijan kanssa läpi tilaajalta saatu lähtötietoaineisto ja ympäristösertifikaatin talotekniset vaatimukset. Hankesuunnitteluvaiheeseen kuuluu taloteknisten laitteiden tilatarpeiden hahmotelmat, alustavat laitevalinnat sekä teknisten järjestelmäkokonaisuuksien määrittäminen. Ympäristöluokitusten suunnitteluohjeilla voidaan

määrittää jo hyvin kattavasti alustavia laitevalintoja. Ohjeita voidaan hyödyntää myös päästöttömiin ja energiatehokkaiden ratkaisujen toimeenpanossa.

Luonnos- ja ehdotussuunnitteluvaiheessa tulee tarkentaa ympäristöluokituksiin kohdistuvat puutteet tilaajalta. Kaikki mahdolliset epäkohdat vaikuttavat merkittävästi talotekniseen toteutussuunnitteluun. Tässä vaiheessa tulee myös sopia riittävästi sisäisiä suunnittelutarkastuksia ja niiden ajankohtia, jotta mahdollisilta suunnitteluvirheilta vältytään. Ympäristöluokitusten suunnitteluohjeiden merkittävin hyöty kohdistuu luonnos- ja ehdotussuunnitteluvaiheeseen. Projektipäällikön johdolla suunnittelija ja muut projektin osapuolet pystyvät huomioimaan välittömästi ympäristöluokitusten vaikutuksia suunnitelmiin. Suunnittelun aloituksessa tulee painottaa sopivien tuotteiden käyttämistä, suunnittelun tarkkuustasoa sekä määrittää kohdesuunnittelussa käytettävä suunnitteluohjelmisto.

Toteutussuunnitteluvaiheessa tulee järjestää riittävästi taloteknisiä suunnittelupalavereita projektipäällikön ja suunnittelijan välille. Kokouksilla minimoidaan virheiden määriä ja tarkennetaan mahdollisia suunnittelupuutteita ympäristöluokitushankkeissa. Toteutussuunnittelun loppupuolella tulee tarkastaa kaikkien suunnittelualojen väliset ristiriidat ja päällekkäisyydet. Projektipäällikkö voi hyödyntää suunnitteluohjeiden tiivistelmiä tarkastustoimenpiteiden tekemisessä. Viimeistään toteutussuunnitteluvaiheessa tulee kirjata työmaavaihetta varten riittävät ohjeistukset sertifikaatin vaatimuksista ja eri toimenpiteistä, esimerkiksi työmaan puhtausluokitukseen ja kosteudenhallintaan liittyen. Kirjauksia kannattaa sisällyttää suunnitelmien sekä työselostuksien yhteyteen.

Työmaa-, käyttöönotto- ja luovutusvaiheissa tulee taloteknisillä projektipäälliköillä ja suunnittelijoilla järjestää riittävästi teknistä tukea työmaan avuksi sekä huolehtia luovutusaineiston laatimisesta. Ympäristösertifikaattihankkeissa tulee huolehtia riittävästä käyttäjien perehdytyksestä, suunnitelmien tarkastamisesta ja loppukuvien päivityksistä. Suunnittelijalla ja projektipäälliköllä tulee tarvittaessa ohjeistaa työmaan henkilöitä toimintakokeiden toteutusperiaatteista, joita ympäristöluokituksissa vaaditaan toteutettaviksi. Kaikki kohteessa toteutettavat talotekniset toimintakokeet ja eri toimenpiteet tulee kirjata vähintään suunnittelualakohtaisiin työselostuksiin. Suunnittelun tässä vaiheessa tulee myös muistaa kiinnittää huomiota rakennuksen ylläpitoon. Kiinteistön ylläpidon tarkastelut kannattaa ottaa huomioon jo hankesuunnitteluvaiheesta lähtien. Projektipäälliköllä tulee suunnitteluhankkeen viimeisenä toimenpiteenä kuitata työn loppuun saatto tilaajalle.

#### 4.4 Ohjeiden käyttöönottoprosessi talotekniikan suunnitteluorganisaatiossa

Suunnitteluohjeiden käyttöönotto aloitettiin organisaatiossa esittelemällä ne ensin yrityksen johtoryhmälle vuoden 2023 loppupuolella. Työn esittelyyn luotua PowerPoint-esitystä ympäristöluokituksista hyödynnetään jatkossa suunnittelijoiden ja projektipäälliköiden koulutustilaisuuksissa. Ohjeiden käyttöönotossa perehdytetään aluksi jokaisen taloteknisen suunnittelualan esihenkilöt. Koulutuksen jälkeen esihenkilöt pystyvät hahmottamaan ympäristöluokitusten sisällöt ja niiden vaikutukset johtamansa suunnittelualan aikatauluihin, suunnittelukustannuksiin, työkuormaan sekä suunnittelun ohjaamiseen ja johtamiseen.

Esihenkilöiden jälkeen perehdytetään suunnittelualojen projektipäälliköt ja suunnittelijat. Vaiheittaisella perehdyttämällä edesautetaan asioiden tasaisempaa oppimista korkeammalta johtoportaan tasolta suunnittelijoiden keskuuteen. Toimenpiteellä hallitaan yrityksen sisäiseen koulutukseen meneviä kuluja, jotta ne jakautuvat tasaisesti eri ajanjaksoille. Toteutusperiaatteella estetään merkittävien tuottamattomien kulupiikkien aiheutumista organisaation kuukausittaiseen tulostarkasteluun. Suunnitteluohjeiden käyttöönotto ja esittely toteutetaan yhteistyössä esihenkilöiden kanssa talotekniikan projektipäälliköille sekä suunnittelijoille. Koulutukset toteutetaan sopivina kokonaisuuksina lvi-, sähkö- ja automaatiopuolelle.

Sisäisen koulutustoimenpiteiden jälkeen osalle yrityksen henkilöstöstä voidaan hakea ympäristöluokituksen asessoripätevyyttä. Ympäristöluokituksista kiinnostuneilla henkilöillä tulee osallistua ympäristöluokituksen maksulliseen koulutukseen ja kokeeseen. Ennen kokeeseen osallistumista tulee kuitenkin perehtyä kaikkien eri suunnittelualojen vaatimuksiin, myös rakenne- ja arkkitehtuuriin toimenpiteisiin. Kaikki kokeessa onnistuneet henkilöt saavat pätevyyden toimia ympäristöluokituksen asessorina ja yhteyshenkilönä ympäristösertifikaatin myöntävälle yhdistykselle.

Taloteknisten suunnitteluohjeiden ylläpidosta yrityksessä vastaa ohjeiden luoja. Suunnitteluohjeita kehitetään jalkauttamistoimenpiteiden jälkeen, mikäli toimenpiteelle koetaan tarvetta. Ohjeita tarkennetaan tarvittaessa projekti kohtaisten suunnitteludokumenttien perusteella. Ympäristöluokitusten suunnitteluohjeita päivitetään, jos ympäristösertifikaateissa tapahtuu merkittäviä muutoksia tai niistä julkistetaan uudempi versio. Ylläpitäjällä tulee säännöllisesti seurata uusien ympäristöluokitusten julkaisuajankohtia, ja päivittää ohjeita aina tarvittaessa.

Yrityksessä hyödynnetään sisäistä tiedottamista, kun ympäristöluokitusten ohjeita päivitetään jatkossa. Toimenpiteellä kaikki muutokset saadaan tehokkaammin liikkumaan suunnittelijoiden ja johtohenkilökunnan keskuuteen sekä käynnissä oleviin suunnitteluprojektiin. Ympäristöluokituksia varten voidaan järjestää myös oma Microsoft Teams -kanava, johon kaikki yrityksen henkilöt voivat kirjata kehittäviä toimenpiteitä ja tarkennuksia ympäristöluokitusten suunnitteluohjeita varten. Tällöin koko yrityksen henkilöstö saadaan osaksi kehitystoimenpidettä. Yrityksessä ei ole toistaiseksi tehty päätöstä, kuinka suuressa laajuudessa tiedottamista ja ylläpitämistä lopulta toteutetaan.

Ympäristösertifikaatteihin kohdistuvat strategiset toimenpiteet jäävät yrityksen johtoryhmän keskusteltavaksi ja tutkittavaksi. Yrityksen johtoryhmä päättää vuosikokouksen yhteydessä haluaako se ottaa talotekniikan ympäristöystävälliset toimenpiteet osaksi syvintä strategiaansa ja luoda siitä uuden tarjottavan palvelun asiakkailleen. Yrityksellä tulee varata riittävästi resursseja ympäristöluokitusten jatkokoulutuksiin niistä kiinnostuneille organisaation jäsenille, jos toimenpide päätetään laittaa käytäntöön. Toteuttamalla kyseisen toimenpiteen luo yritys itselleen paremmat mahdollisuudet toimia strategiaansa pohjautuvana talotekniikan edelläkävijänä.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä selvitettiin Elvak Oy:n taloteknisten suunnitteluhankkeiden kehityskohteita. Tutkimuksessa havaittiin kehittämisen kohteeksi ympäristöluokituksella varustettujen projektien läpiviennit. Sertifiointijärjestelmät aiheuttavat yritykselle haasteita ja lisäkustannuksia suunnitteluun. Parantamalla projektin läpivientiä voidaan vaikuttaa positiivisesti projektinhallintaan ja suunnittelu-aikataulujen pitävyyteen. Suunnitteluperusteiden selkeyttäminen vähentää suunnittelijoiden ja projektinvetäjien epävarmuutta. Työn tavoitteena oli luoda yritykselle kattavat talotekniikan suunnitteluhjeet ympäristöluokituksella varustettujen kiinteistöjen suunnitteluun.

Tutkimuksessa perehdyttiin viiden eri ympäristöluokitusjärjestelmän rakenteeseen, pisteytysjärjestelmään ja taloteknisiin vaatimuksiin. Tarkasteluun valittiin LEED-, BREEAM-, WELL-, RTS-ympäristöluokitus ja Joutsenmerkki. Jokaiselle vihreän rakentamisen hankkeelle tulee erikseen yksilöidä valitun sertifiointijärjestelmän talotekniset tavoitteet. Hankesuunnitteluvaiheessa tulee määrittää kustannusten ja tavoitteiden kriteereille selkeät rajat, jotka määrittävät rakennukselle haettavan arvosanan. Tavoitteet pysyvät lähtökohtaisesti samoina aina hankesuunnitteluvaiheesta luovutukseen saakka. Tavoitteita voidaan kuitenkin laajentaa, mikäli kohteelle halutaan saavuttaa nykyistä arviointia parempi ympäristöluokituksen taso. Tavoitteita voidaan myös vähentää, mikäli valinnaiset kriteerit aiheuttavat merkittäviä lisäkustannuksia eikä ylimääräisillä toteutuksilla saavuteta kiinteistölle lisäarvoa.

LEED-, BREEAM- ja WELL-ympäristösertifikaatit sopivat paremmin ulkomaalaisiin kuin suomalaisiin käytäntöihin. Niitä voidaan kuitenkin soveltaa suomalaisiin olosuhteisiin ja rakentamistapoihin. Joutsenmerkki ja RTS-ympäristöluokitus on luotu pohjoismaisiin sääolosuhteisiin ja rakentamiskäytäntöihin. Talotekniikan suunnittelijoilla tulee ympäristösertifikaattihankkeissa kiinnittää huomiota energiatehokkaiden taloteknisten järjestelmien valintaan, toimintaan ja ohjauksiin. Ympäristöluokitusjärjestelmien talotekniset painoarvot kohdistuvat myös sisäilman laatuun, lämpöviihtyvyyteen, vedenkäyttöön, valaistuksen määrään, akustiikkaan, uusiutuvaan energiaan, kosteudenhallintaan, kemikaalipäästöihin, materiaalivalintoihin, kierrätykseen, kiinteistöjen ylläpitoon, ympäristöön ja laadunvarmistukseen. Toimenpiteet vaativat useasti syvempää yhteistyötä eri suunnittelualojen kesken.

Opinnäytetyössä perehdyttiin Suomen lainsäädäntöön ja verrattiin niitä ympäristöluokituksien talotekniisiin vaatimuksiin. Työssä havaittiin, että ympäristöluokituksien kriteerejä täytetään jo osittain Suomen lainsäädännöllisillä vaatimuksilla. Osa ympäristöluokituksien vaatimuksista voivat asettua alle Suomen lainsäädännön asettaman rajan, jolloin tulee erikseen selvittää hyväksyttävät toimenpiteet rakennusvalvonnan kanssa. Tietämällä lainsäädännön ja sertifikaattien asettamat vaatimukset, selkeytetään suunnittelun toteutusta sekä johtamista.

Työn lopputuloksena yritykselle luotiin kattavat ja monipuoliset talotekniikan suunnitteluohjeet sekä aputyökalut. Suunnitteluohjeiden sisällöllinen painoarvo kohdistuu pääsääntöisesti projektin alkupään toimenpiteisiin sekä suunnitteluvaiheeseen. Yrityksellä tulee määritellä yhteiset käytännön toteutustavat, joilla sertifikaattihankkeita lähdetään toteuttamaan. Niissä olisi pyrittävä huomioimaan muun muassa kustannustehokkuutta, ympäristöystävällisyyttä ja hiilipäästöttömyyttä. Talotekniikan suunnittelijat ja projektipäälliköt ovat tärkeässä roolissa sertifointiprosessien tehokkaassa läpiviennissä. On erityisen tärkeää, että projektityössä työskentelevät henkilöt tietävät sertifikaattien yleiset periaatteet ja vaikutukset talotekniikkasuunnitteluun. Projektikohtaisten suunnitelmien laatiminen on helpompaa ja nopeampaa, jos suunnittelijat ovat selvillä ympäristöluokituksien taloteknisistä vaatimuksista.

Työn aikana kehitetyt ohjeet ja aputyökalut helpottavat sekä parantavat suunnitteluprojektin läpiviientä. Ohjeilla yhtenäistetään yrityksen toimintatapoja talotekniikan suunnitteluhankkeissa ja johtamismenetelmien käytössä. Ohjeistuksien avulla pystytään hallitsemaan projektihenkilöiden työkuormaa ja keventämään projektijohtamisen toimenpiteitä. Toimenpide kasvattaa näin ollen myös työntekijöiden motivaatiota. Aineistoa voidaan käyttää hyvänä perehdytysaineistona työntekijöiden keskuudessa, jotka toteuttavat tulevaisuudessa ensimmäisiä ympäristösertifikaattihankkeitaan. Yrityksen seuraavat sertifikaattihankkeet näyttävät kuinka paljon suunnitteluohjeet lopulta tehostavat projektisuunnittelua.

Yritys voi tulevaisuudessa ottaa ympäristöystävällisen suunnittelun osaksi strategiaansa. Pitkällä tähtäimellä yritys saavuttaa työstä kaupallista hyötyä. Luotua materiaalia voidaan hyödyntää muun muassa konsultoinnissa, markkinoinnissa ja tarjouspyyntöaineistojen luonnissa. Yritys voi vähentää sisäisiä suunnittelukustannuksia, mikä voi vastaavasti kasvattaa yrityksen katetta. Asiantuntevalla ympäristöhankkeiden suunnittelulla kasvatetaan asiakkaiden tyytyväisyyttä. Se luo markkinoille kilpailutekijän, jota harvalla pienellä tai keskisuurella suunnittelu- ja konsulttitoimistolla on tarjota asiakkailleen.

## LÄHTEET

1. Elvak Oy 2023. Hyvinvointia huomisen talotekniikalla. Hakupäivä 12.5.2023. <https://elvak.fi/elvak-oy/>
2. Elvak Oy 2021. Esihenkilön käsikirja. Vaatii käyttöoikeuden.
3. Maylor, Harvey 2003. Project Management. Third edition. Pearson Education.
4. Rissanen, Tapio 2002. Projektilla tulokseen - projektin suunnittelu, toteutus, motivointi ja seuranta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
5. RT 10-11290. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18 2017. Rakennustietosäätiö RTS. Hakupäivä 03.6.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11290?navref=Search> Vaatii käyttöoikeuden.
6. LVI 03-10396. Suunnittelun johtaminen rakennushankkeessa 2005. Rakennustietosäätiö RTS. Hakupäivä 15.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2013-10860?navref=Search> Vaatii käyttöoikeuden.
7. Kettunen, Sami 2009. Onnistu projektissa. 2. Uudistettu painos. Helsinki: WSOYpro Oy.
8. Pelin, Risto 2020. Projektihallinnan käsikirja 8. uudistettu painos. Projektijohtaminen Oy Risto Pelin.
9. Mölsä, Seppo 2021. Vihreä vallankumous alkoi rakentamisessa – kohta se on arkipäivää työmailla. Rakennuslehti 17.3.2021. Hakupäivä 16.1.2022. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/03/vihrea-vallankumous-alkoi-rakentamisessa-kohta-se-on-arkipaivaa-tyomaila/>
10. YIT Oyj 2021. Vihreä rakentaminen – osa 1. YIT Oyj 02.5.2021. Hakupäivä 18.1.2022. <https://www.yit.fi/ytimessa/vihrea-rakentaminen>
11. Green Building Council Finland 2019. Ympäristöluokitukset. Hakupäivä 18.1.2022. <https://figbc.fi/ymparistoluokitukset/>
12. RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä 2020. Rakennustietosäätiö RTS. Hakupäivä 19.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103170?navref=Search> Vaatii käyttöoikeuden.
13. Ympäristöministeriö 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja

- 21/2017. Helsinki: Lönnberg Print & Promo. Hakupäivä 22.1.2022. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80703>
14. Lampela, Rosa 2018. Sertifikaatti voi nostaa rakennuksen arvoa - Joutsenmerkin saa nykyään talollekin. Tekniikka & Talous 22.11.2018. Hakupäivä 24.1.2022. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/sertifikaatti-voi-nostaa-rakennuksen-arvoa-joutsenmerkin-saa-nykyaan-talollekin/4c5373a9-a27d-3f19-afee-2894a8f4ffcb> Vaatii käyttöoikeuden.
15. Bionova Oy 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Bionova Oy 29.6.2017. Hakupäivä 02.2.2022. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC\\_4F20\\_43AB\\_AA62\\_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC\\_4F20\\_43AB\\_AA62\\_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602)
16. Green Building Council Finland 2018. Rakennushankkeiden ympäristöluokitukset Suomessa. Hakupäivä 05.2.2022. <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/01/Rakennushankkeiden-ympa%CC%88risto%CC%88luokitukset-Suomessa.pdf>
17. Ramboll Oy 2013. Ympäristöluokitus kertoo rakennuksen ympäristövaikutuksista. Hakupäivä 12.2.2022. <https://fi.ramboll.com/media/rfi/ymparistoluokitus-kertoo-rakennuksen-ymparistovaikutuksista>
18. Christersson, Matti & Rajakallio, Karoliina 2015. Laadukkaan sisäympäristön lisäarvo. SY-ohjelman WP3:n tutkimusraportti. Helsinki: Unigrafia Oy: Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 6/201. Hakupäivä 25.2.2022. <https://core.ac.uk/download/pdf/301131576.pdf>
19. A. Russo, Michele, O'Shaughnessy, Caitlin & Lewis, Scott; McGraw Hill Construction 2008. Commercial & Institutional Green Building. Green Trends Driving Market Change. Hakupäivä 01.3.2022. [http://mts.sustainableproducts.com/Capital\\_Markets\\_Partnership/BusinessCase/MHC%20Commercial%20&%20Institutional%20Green%20Building%20SMR%20\(2008\).pdf](http://mts.sustainableproducts.com/Capital_Markets_Partnership/BusinessCase/MHC%20Commercial%20&%20Institutional%20Green%20Building%20SMR%20(2008).pdf)
20. Jones, Stephen A & Laquidara-Carr, Donna; Dodge Data & Analytics 2016. Smart Market Report. World Green Building Trends 2016. Developing Markets Accelerate Global Green Growth. Hakupäivä 03.3.2022. <https://fidic.org/sites/default/files/World%20Green%20Building%20Trends%202016%20SmartMarket%20Report%20FINAL.pdf>



21. NuWire Investor 2007. LEED Certification Program Leads to Potential Profits. NuWire 03.12.2007. Hakupäivä 06.3.2022. <https://www.nuwireinvestor.com/leed-program-leads-to-potential-profits/>
22. U.S. Green Building Council 2023. LEED Project Profiles. Hakupäivä 10.9.2023. <https://www.usgbc.org/projects>
23. BRE Global Ltd. 2023. BREEAM Projects. Hakupäivä 10.9.2023. <https://tools.breeam.com/projects/explore/buildings.jsp>
24. International WELL Building Institute 2023. WELL Projects. Hakupäivä 10.9.2023. <https://account.wellcertified.com/directories/projects/>
25. Rakennustietosäätiö RTS sr 2023. Hankegalleria. Hakupäivä 10.9.2023. <https://cer.rts.fi/rts-ymparistoluokitus/mika-on-rts-ymparistoluokitus/hankegalleria/>
26. Ympäristömerkintä Suomi Oy 2023. Rakennukset. Hakupäivä 10.9.2023. <https://joutsenmerkki.fi/tuoteryhma/rakennukset-485/>
27. Green Building Council Finland 2022. FIGBC Tietoisku: Rakennushankkeiden ympäristöluokitukset 14.11.2022. Hakupäivä 11.9.2023. <https://vimeo.com/770709195>
28. Saint-Gobain International 2015. Learn more about LEED V4. Hakupäivä 10.3.2022. <https://www.greenbuilding.saint-gobain.com/leed-v4#:~:text=Date%20of%20creation%3A%201998,achieve%20different%20levels%20of%20certification>
29. U.S. Green Building Council 2023. Pilot credits and pilot alternative compliance paths (ACPs). Hakupäivä 08.3.2023. <https://support.usgbc.org/hc/en-us/articles/4404108072211-Pilot-credits-and-pilot-alternative-compliance-paths-ACPs-#:~:text=Pilot%20credits%20and%20pilot%20alternative,LEED%20certification>
30. Gagiuc, Anca 2020. Green Building: Beyond the Environment, Operational Savings. Commercial Property Executive 10.2.2020. Hakupäivä 15.3.2023. <https://www.commercialsearch.com/news/green-building-beyond-environment-operational-savings/#:~:text=Which%20countries%20are%20most%20committed,in%20178%20countries%20and%20territories>
31. Green Building Council Finland 2020. About FIGBC. Hakupäivä 18.6.2022. <https://figbc.fi/en/figbc>
32. U.S. Green Building Council 2021. LEED v4.1. Hakupäivä 18.4.2022. <https://www.usgbc.org/leed/v41>

33. U.S. Green Building Council 2021. LEED v4.1 BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION GUIDE.
34. U.S. Green Building Council 2021. LEED rating system. Hakupäivä 04.5.2022.  
<https://www.usgbc.org/leed>
35. Green Building Partners Oy 2022. LEED-ympäristöluokituksen selvitys. Vaatii käyttöoikeuden.
36. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesilaitteistoihin tarkoitettujen vesikalusteiden olennaisista teknisistä vaatimuksista 497/2019. Hakupäivä 15.5.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190497>
37. ASHRAE Standard 62.1–2016. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
38. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Hakupäivä 18.05.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>
39. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä 2018. Hakupäivä 24.6.2022.  
[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E\\_DA43\\_4DCA\\_9CEE\\_47DBB9EFCB08-138568.pdf/5e3efaa4-9566-17ae-83c6-2b5805fcaf9d/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E\\_DA43\\_4DCA\\_9CEE\\_47DBB9EFCB08-138568.pdf?t=1603260126601](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf/5e3efaa4-9566-17ae-83c6-2b5805fcaf9d/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf?t=1603260126601)
40. McPartland, Richard 2016. What is BREEAM? NBS 08.9.2016. Hakupäivä 26.7.2022.  
<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-breeam>
41. Premico Consulting Oy 2021. BREEAM-ympäristöluokituksen selvitys. Vaatii käyttöoikeuden.
42. BRE Global Ltd. 2021. BREEAM International New Construction Version 6.0 Technical Manual-SD250
43. Sisäilmayhdistys ry. 2019. Kemialliset epäpuhtaudet. Hakupäivä 17.7.2022. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>
44. LVI 05-10629. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset 2018. Rakennustietosäätiö RTS. Hakupäivä 19.4.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11299?navref=Search> Vaatii käyttöoikeuden.
45. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma. D1 - Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Hakupäivä 22.8.2022. [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf)

46. UGREEN 2022. Mastering WELL Certification: A Comprehensive Guide. 26.12.2022. Hakupäivä 15.2.2023. <https://ugreen.io/well-certification-the-complete-guide/#:~:text=WELL%20certification%20is%20a%20global,health%2C%20and%20well%2Dbeing>
47. International WELL Building Institute 2021. What is WELL Certification? Hakupäivä 14.10.2022. <https://www.well.support/what-is-well-certification~96811950-724f-4aec-9606-006b268591d9>
48. International WELL Building Institute 2022. WELL, Building Standard V2 Q1-Q3.
49. Alueidenkäyttölaki 5.2.1999/132. Hakupäivä 18.10.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
50. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Hakupäivä 20.10.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>
51. Green Building Partners Oy 2022. WELL-ympäristöluokituksen selvitys. Vaatii käyttöoikeuden.
52. International WELL Building Institute 2020. LEED + WELL; A streamlined certification process for projects pursuing both LEED and WELL. Hakupäivä 16.11.2022. <https://www.wellcertified.com/certification/leed-well>
53. International WELL Building Institute 2020. Applying BREEAM and WELL v2 Pilot. Hakupäivä 16.11.2022. <https://resources.wellcertified.com/tools/applying-breeam-and-the-well-building-standard/>
54. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Hakupäivä 20.11.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>
55. Säteilyturvakeskus 2023. Radon uudisrakentamisessa. Hakupäivä 20.10.2023. <https://stuk.fi/radon-uudisrakentamisessa>
56. FINVAC ry. 2019. Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Hakupäivä 18.6.2022. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoittamiseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa\\_2019b-D9B578DC\\_66D4\\_44BC\\_B1AE\\_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoittamiseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa\\_2019b-D9B578DC\\_66D4\\_44BC\\_B1AE\\_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoittamiseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoittamiseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252)

57. Eurovent 2020. Ilmansuodattimien EN ISO 16890 -luokituksen mukaisen suodatinluokan valinta yleisilmanvaihdon sovelluksiin. Kolmas painos. 01.11.2020. Hakupäivä 27.11.2022. [https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/eurovent\\_rec\\_4-23 - selection of en iso 16890 rated air filter classes - third edition - 2020 - fi - web.pdf](https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/eurovent_rec_4-23_-_selection_of_en_iso_16890_rated_air_filter_classes_-_third_edition_-_2020_-_fi_-_web.pdf)
58. Valvira 2020. Talousvesiasetuksen soveltamisohje Osa 3; Enimmäisarvojen perusteet. Hakupäivä 30.11.2022. <https://valvira.fi/documents/152634019/172742999/Talousvesiasetuksen-soveltamisohje-osa-3.pdf/06944d2b-133f-32a6-b7dc-c4aae3c75dee/Talousvesiasetuksen-soveltamisohje-osa-3.pdf?t=1692701391600>
59. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017. Hakupäivä 15.10.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>
60. Guenther, Sebastian 2022. What Is PMV? What Is PPD? The Basics of Thermal Comfort. Hakupäivä 05.2.2023. <https://www.simscale.com/blog/what-is-pmv-ppd/>
61. Karhu, Jessica; Rakennustieto Oy 2022. FIGBC Tietoisku: Rakennushankkeiden ympäristöluokitukset; RTS-ympäristöluokitus. Hakupäivä 03.2.2023. [https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/11/2022\\_11\\_14-FIGBC\\_luokitukset\\_RTS.pdf](https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/11/2022_11_14-FIGBC_luokitukset_RTS.pdf)
62. Jaarto, Petri; Rakennustieto Oy 2022. RTS-ympäristöluokitus sopii myös pien- ja rivitalohankkeille. Hakupäivä 10.1.2023. <https://cer.rts.fi/rts/rts-ymparistoluokitus-sopii-myos-pien-ja-rivitalohankkeille/>
63. Rakennustieto Oy 2022. RTS-ympäristöluokitus Hanke2022: Toimitila- ja palvelurakennukset V2.1.
64. Karhu Jessica & Jaarto, Petri; Rakennustieto Oy 2022. RTS- ympäristöluokitus ja EU taksonomia. Hakupäivä 11.3.2023. [https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/06/2022\\_5\\_25-rts-ymparistoluokitus-ja-taksonomia.pdf](https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/06/2022_5_25-rts-ymparistoluokitus-ja-taksonomia.pdf)
65. Rakennustietosäätiö RTS 2016. Auditointi ja sertifiointi. Hakupäivä 26.1.2023. <https://cer.rts.fi/rts-ymparistoluokitus/mika-on-rts-ymparistoluokitus/auditointi/>
66. Sweco Talotekniikka Oy 2020. RTS-ympäristöluokitus esiselvitys; Toimitila- ja palvelurakennukset. Vaatii käyttöoikeuden.
67. Rakennustieto Oy 2022. RTS-ympäristöluokitus Hanke2022: Asuinkerrostalot V2.1.
68. Rakennustieto Oy 2021. RTS-ympäristöluokitus – Suomen olosuhteisiin kehitetty ympäristöluokitus rakentamiselle ja kiinteistön ylläpidolle. Hakupäivä 19.1.2023. <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/ymparistopalvelut/rts-ymparistoluokitus>

69. Rakennustieto Oy 2019. Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1. Hakupäivä 19.1.2023. <https://cer.rts.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus-m1/>
70. Rakennustieto Oy 2019. RTS EPD -ympäristöseloste. Hakupäivä 19.1.2023. <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseloste/>
71. Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas 2014. Viherkerroinmenetelmällä vihreitä ja viihtyisiä pihvoja. Hakupäivä 04.4.2023. <https://ilmastotyokalut.fi/vihrea-infrastruktuuri/viherkerroinmenetelma/index.htm>
72. Motiva Oy 2022. Näin luet energiatodistusta. Hakupäivä 05.4.2023. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika\\_on\\_energiatodistus/nain\\_luet\\_energiatodistusta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/nain_luet_energiatodistusta)
73. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Hakupäivä 10.12.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>
74. IWATER PROJECT 2018. INTEGRATED STORM WATER MANAGEMENT. Hakupäivä 20.1.2023. <http://www.integratedstormwater.eu/content/integrated-storm-water-management>
75. RALA Kuivaketju10 2022. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät Kuivaketju10 -toimintamallissa. Hakupäivä 22.1.2023. [https://www.rala.fi/application/files/6416/6937/3698/Kosteudenhallintakoordinaattorin\\_tehtavat\\_paivitetty\\_24.11.2022.pdf](https://www.rala.fi/application/files/6416/6937/3698/Kosteudenhallintakoordinaattorin_tehtavat_paivitetty_24.11.2022.pdf)
76. Motiva Oy 2022. Ympäristömerkintä. Hakupäivä 26.11.2022. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ymparistomerkinta>
77. Ympäristömerkintä Suomi Oy 2022. Tietoa meistä. Hakupäivä 10.1.2023. <https://joutsenmerkki.fi/tietoa-meista/>
78. Nordic Swan Ecolabel 2023. Type 1 Ecolabel and ISO 14024. Hakupäivä 10.1.2023. <https://www.nordic-ecolabel.org/nordic-swan-ecolabel/criteria-process/type-1-ecolabel-iso-14024/>
79. Nordic Ecolabelling 2023. Nordic Ecolabelling for New buildings; Residential, educational and office buildings.
80. Ympäristömerkintä Suomi 2020. Joutsenmerkin hakeminen rakennukselle. Hakupäivä 10.1.2023. [https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2022/06/Talohakijan-opas\\_280222.pdf](https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2022/06/Talohakijan-opas_280222.pdf)
81. Pohjoismainen ympäristömerkintä 2020. Joutsenmerkin kriteerit. Suunnitteluohjeistus. Vaatii käyttöoikeuden.

## **LIITTEET**

Liite 1 ASHRAE 62-2010-2019 Excel-ilmanvaihtolaskuri

Liite 2 LEED-sertifikaatti: LVIAS-suunnitteluohjeet

Liite 3 BREEAM-sertifikaatti: LVIAS-suunnitteluohjeet

Liite 4 WELL-sertifikaatti: LVIAS-suunnitteluohjeet

Liite 5 RTS-ympäristöluokitus: LVIAS-suunnitteluohjeet

Liite 6 Joutsenmerkki: LVIAS-suunnitteluohjeet

Liite 7 Ympäristösertifikaatit - Nykypäivän ja tulevaisuuden rakentamisen suuntautuminen

**Eivät sisälly julkaisuun.**