

Benjam Wondafrash

## **EKOTEHOKKUUS RAKENTAMISESSA**

# **EKOTEHOKKUUS RAKENTAMISESSA**

Benjam Wondafrash  
Opinnäytetyö  
Lukukausi Kevät 2018  
Rakennustekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, talonrakennustekniikka

---

Tekijä: Benjam Wondafrash  
Opinnäytetyön nimi: Ekotehokkuus rakentamisessa  
Työn ohjaaja: Martti Hekkanen, OAMK  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018  
Sivumäärä: 54

---

Ilmastonmuutoksen torjumiseksi useimmat valtiot ovat sitoutuneet ilmastotavoitteisiin. Tavoitteet koskettavat kaikkia yhteiskunnan aloja, myös rakennusala. Rakennusten energia- ja ekotehokkuuden lisääminen on tehokas tapa ilmastotavoitteiden täyttämiseksi. Opinnäytetyössä tutkittiin ekotehokkuuden yleisimpiä mittareita ja ekotehokkuutta rakennusosalalla.

Työssä määriteltiin kestävän kehityksen ja ekotehokkuuden käsitteet sekä esiteltiin lyhyesti käsitteisiin pohjatutuvat kansainväliset sopimukset ja lainsäädäntö. Lisäksi tarkasteltiin kotimaisia tutkimuksia ja selvityksiä ekotehokkaasta rakennetusta ympäristöstä. Lopuksi työssä luotiin katsaus verkkokaartikkelien pohjalta siihen, millaisin ratkaisuin ilmastotavoitteita ja ekotehokkuutta toteutetaan muun muassa pientalojen, asuinkeuhkotalojen ja koulurakennusten osalta.

Opinnäytetyössä perehdyttiin kansainvälisiin ekotehokkuuden mittaus- ja sertifiointimenetelmiin BREEAMiin ja LEEDiin. Kyseiset menetelmät ovat kansainvälisesti suosittuja ja niiden käyttö yleistyy myös Suomessa. Ekotehokkuuden mittareita voidaan käyttää suunnittelun apuvälineinä, vaikkei tavoiteltaisi sertifikaattia. Rakennuksen ekotehokkuuden tarkastelu ulottuu energiatehokkuuden lisäksi turvallisuuteen, turvallisuuteen ja esimerkiksi liikennetarkaisuihin.

Opinnäytetyössä havaittiin, että ekotehokkuuden tarkastelussa on niin paljon huomioitavia näkökohtia, että eri rakennusten vertailu olisi vaikeaa ilman vakioituja mittausmenetelmiä. Kansainväliset ekotehokkuuden mittarit, kuten BREEAM ja LEED, helpottavat rakennushankkeen arviointia ja vaihtoehtoisten ratkaisujen vertailua. Tämän työn avulla voi tutustua ekotehokkuuden sertifiointimenetelmiin.

---

Asiasanat: Ekotehokkuus, energiatehokkuus, kestävä kehitys, ympäristöarviointi

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil engineer, House Building Engineering

---

Author: Benjam Wondafrash  
Title of thesis: Eco-efficiency in Construction  
Supervisor: Martti Hekkanen,  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018  
Number of pages: 54

---

This thesis is an overview of eco-efficiency in construction and of the most common rating systems. The concepts of sustainable development and eco-efficiency are defined in this thesis. The international agreements and legislation based on these concepts are introduced briefly. Thesis covers some Finnish background studies in eco-efficient built environment. The final chapter discusses some of the methods used in increasing eco-efficiency in detached houses, apartment buildings and educational buildings.

The main focus is in the BREEAM and LEED international rating systems for sustainability and eco-efficiency in construction. These rating systems are popular internationally and they are also being used in Finland. The rating systems can be utilized in design phase even when there is no intention to apply for certification.

The assessment methods take into account energy-efficiency, health, safety and transportation among other issues. Sustainability and eco-efficiency in construction is such a broad subject that comparison among buildings would be difficult without standardized rating systems. The international sustainability rating systems, such as BREEAM and LEED, make it easier to assess different design options.

---

Keywords:

Eco-efficiency, energy efficiency, sustainable development, environmental assessment

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 EKOTEHOKKUUDEN KÄSITE	8
2.1 Kestävän kehityksen määritelmä	8
2.2 Ekotehokkuuden määritelmä	10
2.3 Ekotehokkuuden määrittely rakennus- ja kiinteistöalalla	10
3 SUOMALAISIA TUTKIMUKSIA EKOTEHOKKUUDESTA RAKENNUSALALLA	13
3.1 Kerrostalon ympäristövaikutukset, LVIS-2001-tyyppikerrostalo (VTT)	13
3.1.1 Laskentakohteen taustatiedot	13
3.1.2 Rakennusmateriaalien ja energiankäytön ympäristövaikutukset	15
3.2 Peltosaaren lähiön ekotehokas uudistaminen	16
4 EKOTEHOKKUUDEN KANSAINVÄLISET ARVIOINTIMENETELMÄT	20
4.1 BREEAM	20
4.1.1 BREEAM-arviointiprosessi ja -osapuolet	21
4.1.2 BREEAM-arviointiasteikko ja pisteytys	21
4.2 LEED	32
4.2.1 LEED-arviointiprosessi ja -osapuolet	33
4.2.2 LEED-arviointiasteikko ja pisteytys	33
4.3 Kansainvälisten arviointimenetelmien käyttö Suomessa	35
5 EKOTEHOKKUUDEN HUOMIOON OTTAMINEN RAKENTAMISESSA	37
5.1 Omakotitalo	38
5.2 Asuinkerrostalo	42
5.3 Koulurakennus	45
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	49
LÄHTEET	51

# 1 JOHDANTO

Vaatimukset uusien rakennusten energiatehokkuuden osalta kiristyivät jälleen vuonna 2018. Kaikkien uusien julkisten rakennusten tulee olla vähintäänkin lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2018 alusta lähtien. Vuonna 2021 sama vaatimus laajenee koskemaan kaikkia uusia rakennuksia, myös pientaloja. Nollaenergiatalossa tarvittava lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä kateetaan hyvin laajalti uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuva energia.

Määräysten kiristyminen johtuu Euroopan Unionin rakennusten energiatehokkuusdirektiivistä, jolla tähdätään kasvihuonekaasujen vähentämiseen ja uusiutuvien energianlähteiden käytön lisäämiseen. Suomi on sitoutunut YK:n ilmastopöytäkirjaan sekä EU:n lainsäädäntöön ja ilmastotavoitteisiin. Ilmastopöytäkirjan viimeisin versio tunnetaan nimellä Pariisin ilmastopöytäkirja. Sopimuksella pyritään rajoittamaan ilmaston lämpenemistä kahteen celsiusasteeseen kasvihuonepäästöjä vähentämällä.

Euroopan Unionin jäsenmaat ovat päättäneet torjua ilmastomuutosta niin sanottujen 20-20-20-tavoitteiden avulla. Päästöjä vähennetään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta, uusiutuvan energian tuotanto-osuutta nostetaan 20 prosenttiin ja energiatehokkuutta parannetaan perusskenaarioon verrattuna 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteet voivat vaikuttaa suurilta ja kalliilta, mutta ne ovat välttämättömiä ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. Rakennusten osuus energiankulutuksesta on 40 prosenttia ja hiilidioksidipäästöistä 36 prosenttia EU:n alueella. Tästä syystä rakennusten energiatehokkuuden lisääminen on tehokas tapa ilmastotavoitteiden täyttämiseksi.

Rakentamisessa tulee myös varautua muuttuviin sääolosuhteisiin, kuten lisääntyviin sademääriin. Rakenteiden tulee kestää vaikeampia kosteusolosuhteita ja maankäytössä tulee huomioida valumavesien hallinta entistä paremmin tulvimisen ehkäisemiseksi.

Rakennuksia ja rakentamishankkeita voidaan tarkastella energiatehokkuutta laajemmin käsitteen, ekotehokkuuden, näkökulmasta. Ekotehokkuuden

tarkastelussa huomioidaan rakennuksen tuoma lisäarvo ja ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta rakentamisesta purkuun asti. Lisäksi rakennuksen tai rakennetun alueen ekotehokkuuden arviointiin sisällytetään usein liikennejärjestelyiden ekotehokkuus.

Lähipalvelut ja hyvät joukkoliikenneyhteydet vähentävät osaltaan päästöjä ja energiankulutusta. Haja-asutusalueella sijaitsevan rakennuksen käyttäjät todennäköisesti suosivat yksityisautoilua, kun taas tiiviissä kaupunkiympäristössä käytetään enemmän joukkoliikennettä. Tällöin syrjässä sijaitseva energiatehokas rakennus ei välttämättä saavuta samaa ekotehokkuutta kuin vastaava rakennus tiiviissä kaupunkiympäristössä.

Rakennuksen ja rakentamisen ekotehokkuuteen vaikuttavat tekijät ovat moninaisia. Ekotehokkuuden mittaamiseen ja arviointiin tarvitaan selkeitä menetelmiä. Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata ekotehokkuuden käsitettä rakennusalalla sekä ekotehokkuuden kansainvälisiä arviointimenetelmiä. Työssä tarkastellaan kotimaisia tutkimuksia ja selvityksiä ekotehokkaasta rakennetusta ympäristöstä sekä kansainvälisesti suosittuja BREEAM- ja LEED-sertifikaatteja ekotehokkuuden mittareina. Edellä mainittujen sertifikaattien käyttö on yleistynyt myös Suomessa. Lisäksi työssä luodaan katsaus siihen, millaisin ratkaisuin yhä parempaa ekotehokkuutta tavoitellaan eri rakennustyyppien osalta.

## 2 EKOTEHOKKUUDEN KÄSITE

Ekotehokkuus on olennainen osa kestävästä kehityksestä. Molempien käsitteiden kantavana ajatuksena on luonnonvarojen käyttö niin, että ihmisen toiminta ei aiheuttaisi peruuttamatonta vahinkoa elinympäristölle. (1.)

### 2.1 Kestävän kehityksen määritelmä

Yhdistyneet kansakunnat kokoontui ensimmäiseen ympäristökysymyksiin keskittyvään konferenssiin vuonna 1972 Tukholmassa. Kyseisessä konferenssissa päätettiin YK:n jäsenmaiden yhteisen ympäristöohjelman laatimisesta. Kymmenen vuotta myöhemmin oli nähtävissä, että monet ympäristökysymykset ja -ongelmat olivat pahentuneet ja niiden torjuminen oli jäänyt keskustelun tasolle. Vapaa markkinatalous oli johtanut muun muassa kestävämpään luonnonvarojen riistoon. Lisäksi ilmastonmuutoksen ensimmäiset merkit olivat havaittavissa. (2.)

Vuonna 1983 YK:n silloinen pääsihteeri Javier Pérez de Cuéllar pyysi Norjan pääministeriä Gro Harlem Brundtlandia muodostamaan YK:sta riippumattoman työryhmän pohtimaan ympäristöön ja kehitykseen liittyviä ongelmia ja niiden ratkaisuja. Kyseinen työryhmä tunnetaan nimellä Brundtlandin Komissio. Komissio määritteli kestävästä kehityksestä vuoden 1987 raportissaan kehitykseksi, joka tyydyttää nykyisten sukupolvien tarpeet vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta omien tarpeidensa tyydyttämiseen. (2.)

Suomen kestävästä kehityksestä toimikunta huolehtii kestävästä kehityksestä kansainvälisten tavoitteiden sisällyttämisestä kansalliseen politiikkaan. Vuonna 1994 toimikunnan raportissa määriteltiin kestävästä kehityksestä olevan maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. (2.)

Kestävästä kehityksestä määritelmä on tähän päivään mennessä muotoutunut vähitellen kattavammaksi ja monipuolisemmaksi. Kestävä kehitys jaotellaan yleisesti ekologisen kestävyys, taloudellisen kestävyys sekä sosiaalisen ja



kulttuurisen kestävyuden osa-alueiksi. Osa-alueet ovat tukevat toisiaan niin, että yhtäkään osa-aluetta ei voi sivuuttaa. (2.)

Ekologisella kestävyydellä tarkoitetaan sitä, että ihmisen taloudellista ja aineellista toimintaa tulee sopeuttaa luonnon kestävyyspitkällä aikavälillä. Biologista monimuotoisuutta ja ekosysteemin toimivuutta on pyrittävä säilyttämään kaikessa ihmisen toiminnassa. Ympäristövaikutuksien osalta noudatetaan niin sanottua varovaisuusperiaatetta. Kyseisen periaatteen mukaisesti ympäristön tilan heikkenemistä estäviä toimia ei voi lykätä vedoten täydellisen tieteellisen näytön puutteeseen. Esimerkiksi ilmastonmuutoksen torjuntaa kasvihuonekaasupäästöjä vähentämällä ei voi lykätä vetoamalla aukottoman todistusaineiston puuttumiseen. (2.)

Kaikessa toiminnassa on arvioitava riskit, haitat ja kustannukset sekä pyrittävä haittojen ennaltaehkäisyyn ja haittojen torjumiseen niiden synty lähteellä. Uusien materiaalien, kemikaalien ja ruoka-aineiden testaaminen ennen käyttöönottoa sekä ympäristövaikutusten arviointi rakentamishankkeissa ovat käytännön esimerkkejä riskien arvioinnista ja haittojen ennaltaehkäisystä. Raaka-aineiden vastuullisella hankinnalla ja hankintaketjun läpinäkyvyydellä pyritään varmistamaan, että luonnonvarojen käytön haitalliset ympäristövaikutukset pysyvät mahdollisimman pieninä. (2.)

Taloudellisella kestävyydellä tarkoitetaan tasapainoista kasvua, joka ei perustu pitkällä aikavälillä velkaantumiseen tai luonnonvarojen hävittämiseen. Kestävä talous on edellytys yhteiskunnan oleellisille toiminnoille, kuten koulutuksen sekä ruoka- ja terveydenhuollon järjestämiselle. Kestävä talous on myös ekologisen ja sosiaalisen kestävyuden perusta. Äärimmäisessä köyhyydessä toimiessaan ihminen ei useinkaan voi huomioida luonnon kestävyyskämpaillessaan päivittäin eloonjäämisestään. Nopeat maailmantalouden muutokset aiheuttavat usein myös paineita sosiaaliselle kestävyydelle alueellisella ja paikallisella tasolla. (2.)

Sosiaalisesti kestävä kehitys pyrkii takaamaan hyvinvoinnin edellytykset myös seuraaville sukupolville. Koulutuksen järjestäminen, tasa-arvo, väestönkasvu, köyhyyden poistaminen, ruoka- ja terveydenhuolto ovat globaaleita sosiaalisen kestävyuden kysymyksiä. Ne liittyvät myös suoraan ekologiseen ja taloudelliseen

kestävyyteen. Epätasa-arvo ja köyhyys eivät edistä ekologista kestävyyttä, vaan johtavat usein luonnonvarojen holtittomaan käyttöön. Siksi kansalaisten hyvinvointi tärkeä edellytys ekologiselle ja taloudelliselle kestävyydelle. (2.)

Kulttuurisesti kestävä kehitys mahdollistaa eri kulttuurien säilymisen ja kehittymisen ja mahdollistaa toisten kulttuurien ymmärtämisen. Kulttuuri on osa ihmisen identiteettiä ja henkistä hyvinvointia. Kulttuuri-identiteetti saa ihmisen muun muassa vaalimaan perinteitä, kansallismaisemaa ja luontoa sekä historiallisesti arvokkaita rakennuksia. (2.)

## **2.2 Ekotehokkuuden määritelmä**

Ekotehokkuuden määritelmä on väljä ja määritelmän sisältö vaihtelee hieman ta-pauskohtaisesti. OECD on määritellyt ekotehokkuuden useammalla eri tavalla. Yleensä ekotehokkuudella tarkoitetaan tuotetun palvelun tai tuotteen arvon ja tuotannosta aiheutuneiden ympäristövaikutusten suhdetta. Hyöty voi olla esimerkiksi hyvinvoinnin lisääntyminen, elämälaadun paraneminen tai taloudellinen tuotto. Panoksella taas tarkoitetaan taloudellisia kustannuksia, käytettyjä raaka-aineita sekä ympäristövaikutuksia. Lyhyesti sanottuna ekotehokkuudella tarkoi-tetaan mahdollisimman tehokasta ja tarkoituksenmukaista luonnonvarojen käyt-töä. (3, s. 15-17.)

## **2.3 Ekotehokkuuden määrittely rakennus- ja kiinteistöalalla**

Rakennus- ja kiinteistöalalla ekotehokkuudella tarkoitetaan rakennuksen tuotta-man hyödyn tai arvon suhdetta rakentamisen ja rakennuksen käytön aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Pääpaino teollisuusmaissa on ollut rakennusten energia-tehokkuuden lisäämisessä ja kasvihuonepäästöjen vähentämisessä. Rakennuk-sen ekotehokkuus on energiatehokkuutta laajempi käsite. Ekotehokkuuden arvi-oinnissa huomioidaan rakennuksen sijainti, maan käyttö, hulevesien hallinta ja rakennuksen käytön aiheuttamat liikennemäärät. (4.)

Matemaattisesti esitettynä ekotehokkuus on tuotoksen ja panosten osamäärä. Tuotos on tuotteiden ja palveluiden arvo, jotka yritys tuottaa ja panos on tuotan-nosta johtuvien ympäristöön kohdistuvien paineiden summa. (3, s. 15-17.)

Rakennusalalla ekotehokkuus tarkoittaa käyttöarvon suhdetta tuotannosta ja käytöstä aiheutuviin ympäristöpaineisiin. Käyttöarvo muodostuu siitä, millaista hyötyä ja palvelua rakennus käyttäjilleen tuottaa. Ympäristöpaineet muodostuvat rakennusmateriaalien raaka-aineiden hankinnasta ja rakennuksen käytön aikaisista vaikutuksista, kuten lämmitysenergian tuotannosta. Rakennuksen tuotos riippuu sen käyttötarkoituksesta. Yksinkertaisimmillaan tuotoksena voidaan pitää vaikkapa asuinrakennuksen tarjoamaa suojaa luonnonvoimilta. Mitä pienemmällä luonnonvarojen käytöllä rakennus voi tuottaa sille asetetut vaatimukset, sitä ekotehokkaampi rakennus on (4, s. 9, kaava 2).

Rakennuksen kustannustehokkuudella tarkoitetaan tuotoksen suhdetta rakentamis- ja käyttökustannuksiin (4, s. 10, kaava 3). Matalat kiinteistön käytön aikaiset energiakulut sekä huolto- ja korjauskustannukset tarkoittavat hyvää kustannustehokkuutta ja samalla ekotehokkuutta. Energian hinta on asettunut sellaiselle tasolle, ettei ekotehokkuuden ja taloudellisen tehokkuuden välillä ole ristiriitaa. Energiakustannusten odotetaan edelleen nousevan. Rakennushankkeeseen ryhtyessä tehdään yhä useammin elinkaaritarkastelu. Rakennuksen omistajat toivovat matalia käytön aikaisia kustannuksia ja kestäviä materiaaleja ja rakennusosia. (4, s. 26.)

Rakentamisvaiheen taloudellisten kustannusten ja ympäristövaikutusten tulee myös olla järkevässä suhteessa käytönaikaisiin kustannuksiin ja vaikutuksiin. Käytönaikaista energiankulutusta ei kannata pienentää hinnalla millä hyvänsä. Esimerkiksi lisäämällä eristepaksuutta ja talotekniikkaa, voidaan saada aikaan hyvinkin energiatehokas rakennus, mutta samalla lisääntynyt materiaalien käyttö aiheuttaa suuria ympäristövaikutuksia jo rakennuksen elinkaaren alussa. Lisääntynyt materiaalien ja tekniikan käyttö lisäävät myös kustannuksia. Parempaa ekotehokkuutta ja kustannustehokkuutta tavoitellaan niin, että tuotos kasvaa enemmän kuin käytetty panos. (4, s. 6.)

Jotta sijoittajat, rakennushankkeeseen ryhtyvät, käyttäjät ja viranomaiset voisivat vertailla kiinteistöjen erilaisten suunnitteluratkaisujen ympäristövaikutuksia ja ekotehokkuutta, pitää käsitteistä tehdä mitattavia ja lisäksi mitatut asiat pitää kyetä esittämään yhteismitallisesti. Esimerkiksi peruskorjaukseen ryhtyvä taho tarvitsee vertailukelpoista tietoa eri korjausvaihtoehtojen takaisinmaksuajoista.

Joskus on myös harkittava rakennuksen purkamista, mikäli laskelmat osoittavat sen tehottomaksi kustannuksien tai ympäristön kannalta. Energialuokitus ja ympäristösertifikaatit antavat kiinnostuneille osapuolille vertailukelpoista tietoa, joskin hieman yksinkertaistaen. (5.)

Sertifiointien luokitukset ja arviointiasteikot ovat hyödyllisiä, kunhan ne perustuvat tutkittuun tietoon. Sertifiointimenettelyjä on myös syytä tulkita kriittisesti. Kyse on kuitenkin pohjimmiltaan liiketoiminnasta. Ulkomaisten sertifikaattien käyttö omien kotimaisten arviointimenettelyjen sijaan on yhä yleisempää. Monet yritykset vaativat toimitiloiltaan hyvää ympäristöluokitusta oman imagonsa vuoksi. Kotimainen energialuokitus ei tällöin riitä, vaan on turvauduttava kansainvälisesti tunnettuihin sertifiointimenettelyihin. (5.)

Euroopassa tunnetuimpia menettelyjä ovat BREEAM ja LEED. Amerikkalainen LEED on vallannut markkinaosuutta maailmanlaajuisesti, kun taas BREEAM on keskittynyt enimmäkseen Eurooppaan. Näillä kahdella menettelyllä on selkeä kilpailutilanne ja molemmista menettelyistä etsitään aukkoja ja epäkohtia. Kriitikki ja kilpailutilanne parantavat molempien sertifiointien luotettavuutta ja menettelyjä päivitetään ja kehitetään jatkuvasti. (5.)

## **3 SUOMALAISIA TUTKIMUKSIA EKOTEHOKKUUDESTA RAKENNUSALALLA**

### **3.1 Kerrostalon ympäristövaikutukset, LVIS-2001-tyyppikerrostalo (VTT)**

Kun pyritään pienentämään rakennusten ympäristövaikutuksia, täytyy ensin määrittää perustaso. Vareksen VTT:lle tuottaman Kerrostalon ympäristövaikutukset, LVIS-2001-tyyppikerrostalo -tutkimuksen tavoitteena oli määrittää normaali tyyppiasuinkerrostalo ja kerrostalon ympäristövaikutusten sen hetkinen taso. (6, s. 3.)

Rakentamista ja rakennusten käytön ympäristövaikutuksia pyritään kehittämään niin, että ympäristön kuormitus vähenisi nykyisestä ja luonnonvaroja käytettäisiin kestäväällä tavalla. Rakennuksen ympäristövaikutuksia tulee tarkastella rakennuksen koko elinkaaren ajalta. Rakennuksen elinkaari alkaa rakennusmateriaalien raaka-aineiden hankinnasta ja päättyy rakennuksen purkamiseen ja materiaalien kierrätykseen tai loppusijoitukseen. Rakennustuotteiden valmistuksessa sekä uudis- ja korjausrakentamisessa pyritään ympäristöä vähemmän kuormittaviin tuotantomenetelmiin. Rakennuksen käytön aikana ympäristövaikutuksia syntyy lämmitysenergian tuotannosta ja käyttösähkön tuotannosta. (6, s. 8-10.)

#### **3.1.1 Tyyppikerrostalon taustatiedot**

Vareksen tutkimuksessa kohteeksi valittiin tyyppitalo, koska tyyppirakennuksesta saatua tietoa voidaan yleistää koskemaan muita vastaavia rakennuksia ja pienillä muutoksilla voidaan arvioida myös tyyppitalosta poikkeavia ratkaisuja. Esimerkiksi kerrosten lukumäärää voidaan muuttaa ja ottaa huomioon muuttuneet rakennusmateriaalien menekit ympäristövaikutuslaskelmissa suhteellisen helposti. (6, s. 7.)

Määrittelemällä tarkasti tyyppitalon tila- ja rakenneratkaisut saatiin muodostettua selkeä mitattava tarkastelukohde. Tyyppirakennuksen määrittely ja rakennukselle esitetyt laskelmat antavat viitearvoja vastaavien rakennusten ympäristövaikutuksista. Suunnittelijat, kiinteistön käyttäjät, sijoittajat ja viranomaiset voivat käyttää tyyppirakennuksesta kerättyä tietoa omiin tarpeisiinsa.

Vareksen tutkimus keskittyi pelkästään rakennusmateriaalien, rakenneosien ja rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Tutkimuksessa ei tarkasteltu laajempia asukkaiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi rakennuksen sijaintia ja sijainnin vaikutusta asukkaiden tuottamiin liikennepäästöihin ei tutkimuksessa tarkasteltu. (6, s. 7.)

Rakennusmateriaalien ja rakennuksen käytön ympäristövaikutukset oli tutkimuksessa jaettu seuraaviin parametreihin (6, s. 41):

- uusiutuva energia
- uusiutumaton energia
- raaka-aineiden kulutus
- kasvihuonekaasut
- happamoittavat päästöt
- oksidoivat päästöt.

Tutkimuksessa määritellyn tyyppiasuinkerrostalon huoneistojen tilaratkaisut perustuivat kauppa- ja teollisuusministeriön 1990-luvun alussa LVIS-2000-tutkimusohjelmassa esitettyyn asuinkerrostaloon. LVIS-2000-tutkimusohjelmassa esitettiin tyyppirakennukset myös toimistorakennukselle, pientalolle sekä koululle. LVIS-2000-asuinkerrostalossa oli 3 kerrosta ja 17 asuntoa. Rakennuksen bruttoala oli 1 346 m<sup>2</sup> ja tilavuus 4 176 m<sup>3</sup>. Tyyppiasuinkerrostaloa päivitettiin huonekorkeuden ja rakenteiden osalta voimassa olevien rakennusmääräysten mukaisiksi, jotta LVIS-2001-tyyppiasuinkerrostalo vastaisi materiaalimenekiltään ja energiankulutukseltaan sen hetkistä uudisrakennuskohdetta. (6, s. 10-13.)

Tyyppikerrostalon jokainen rakenne ja rakennusosa esitettiin yksityiskohtaisesti, jotta materiaalimenekien laskeminen olisi mahdollisimman tarkkaa (6, s. 14-26). Tarkka massoittelu ja rakenteiden kuvailu on hyödyllistä, kun halutaan suorittaa vertailulaskelmia vaikkapa hankkeen kustannusten arviointia varten. Nykyaikainen rakennuksen yksityiskohtainen mallintaminen helpottaa massoittelua ja sitä kautta kustannusten ja ympäristövaikutusten laskentaa. (7.)

### 3.1.2 Rakennusmateriaalien ja energiankäytön ympäristövaikutukset

Rakennusmateriaalien valmistukseen ja raaka-aineiden kuljetukseen on käytetty energiaa ja valmistusprosesseissa on syntynyt myös päästöjä. Tiedot rakennusmateriaalien valmistuksen ja käytön synnyttämistä päästöistä, kuluneista raaka-aineista ja energiamääristä oli koottu materiaalien ympäristöselosteista. Valmistajat tarjoavat yleisimmille rakennustuotteilleen ympäristöselosteet, eli EPD:t. EPD on lyhenne sanoista Environmental Product Declaration. Selosteessa käyvät ilmi tuotteen päästöt ja ympäristövaikutukset tuotteen elinkaaren ajalta. Selosteiden tietojen laskenta on suoritettu EN 15804 ja ISO 14025 standardien mukaisesti. Yhtenäisten laskentamenetelmien ansiosta tuotteiden keskinäinen vertailu on mahdollista. (8.)

Vareksen laskelmissa otettiin huomioon materiaalien ja rakennusosien käyttökerat rakennuksen käyttöiän aikana. Käyttökerralla tarkoitetaan sitä, montako kertaa materiaali vaihdetaan huoltojen ja korjausten seurauksena rakennuksen käyttöiän aikana. Esimerkiksi perustuksien arvioitiin kestävän koko rakennuksen käyttöiän, jolloin käyttökertoja on vain yksi. Ikkunoiden ja ovien arvioitiin vaativan uusimista kolme kertaa sadan vuoden aikana, joten ikkunoiden ja ovien materiaalmäärä käytetään kolme kertaa rakennuksen käyttöiän aikana. Rakennuksen käyttöiäksi oletettiin tässä tutkimuksessa sata vuotta. (6, s. 17-25.)

Rakennuksen lämmitysenergian ja käyttösähkön tuotanto aiheuttavat suurimmat ympäristövaikutukset rakennuksen elinkaaren aikana (2, s. 44). Tyyppirakennuksen energiankulutus esitettiin laskettuna arvona ja luokkana. Luokittelulla pyrittiin esittämään arvo helpommin ymmärrettävästi. Rakennuksen ekotehokkuus jaettiin tutkimuksessa kolmeen luokkaan: nykytaso, parannettu taso ja ekotaso (6, s. 4.)

LVIS-2001-tyyppikerrostalosta määritettiin nykytasoa edustava tavanomainen ratkaisu sekä lämmöneristykseltään parannellut versiot, parannettu taso ja ekotaso. Vareksen tutkimustulokset osoittivat, että rakenteiden lämmöneristyksen parantaminen lisäsi materiaalien menekkejä ja siten materiaalien valmistuksen aiheuttamat päästöt ja energiankulutus kasvoivat. Parannellun tason kerrostalo oli kuitenkin ekotehokkaampi kokonaisenergiankulutuksen ja päästöjen suhteen.

Lämmöneristyksen parannettu taso kulutti rakennusmateriaaleja 4 prosenttia enemmän. Materiaalin kulutuksen kasvusta huolimatta kokonaisenergiankulutus väheni 8 prosenttia ja päästöt alenivat 4-11 prosenttia käytönaikaisen energiankulutuksen pienenemisen johdosta. (6, s. 46.)

### **3.2 Peltosaaren lähiön ekotehokas uudistaminen**

Luvussa 3.2 käsitellään tyypillisen 70-luvulla rakennetun lähiön ekotehokasta uudistamista Pekka Lahden ja kollegoiden toteuttaman esitutkimuksen pohjalta. Riihimäen kaupunki tilasi esiselvityksen Peltosaaren lähiöalueen uudistamisesta. VTT:n toteuttamassa esiselvityksessä Riihimäen Peltosaari – Lähiön Ekotehokas uudistaminen tarkasteltiin Peltosaaren lähiön kattavaa peruskorjaamista ja ekotehokkuuden parantamista sekä esitettiin ehdotuksia hankesuunnittelun pohjaksi. (9.)

Selvityksessä huomioitiin rakennuskannan perusparannusten merkitys teknistaloudelliselta kannalta ja kiinnitettiin huomiota myös sosiaalisiin vaikutuksiin. Hankkeessa selvitettiin muun muassa erilaisia täydennys- ja lisärakentamisen tapoja sekä peruskorjausten rahoittamista väljien tonttien rakennusoikeuden myymisellä. Olemassa oleville rakennuksille esitettiin toteutettavaksi ekotehokkuutta parantavia peruskorjauksia. (9, s. 59-66.)

Peltosaaren lähiö sijaitsee otollisella paikalla Riihimäen keskustan tuntumassa ja juna-aseman läheisyydessä. Asuinalue on pääkaupunkiseudun metropolialueen kannalta tarkasteltuna hyvin kehityskelpoinen. Hyvät joukkoliikenneyhteydet mahdollistavat päivittäisen pendelöinnin pääkaupunkiseudulla työn tai opiskelun merkeissä. Peltosaaren alueesta järjestettiin suunnittelukilpailu 70-luvulla, mutta toteutus jäi kauaksi aiotusta. (9, s. 12-13.)

Peltosaaren alueen rakennukset toteutettiin pikkuhiljaa kahden vuosikymmenen kuluessa ja alue jäi väkitiheydeltään suunniteltua pienemmäksi (2, s 21). Hitaasti kehittyneestä alueesta ei tullut yritysten ja palveluntarjoajien kannalta houkutteleva. Ajan myötä alueelle kasaantui paljon sosiaalisia ongelmia johtuen muun muassa vuokra-asuntokeskittymästä. Omistusasuntojen haluttavuus ja myyntihinnat kärsivät myös alueen huonosta maineesta (9, s. 3-4.)



Selvityksessä esitettiin lisä- ja täydennysrakentamisen vaihtoehtoja (9, s. 75-78). Täydennysrakentamista voidaan toteuttaa lohkomalla tontteja viisaasti ja tarjoamalla näin syntyviä uusia tontteja rakennusyhtiöille. Vanhojen matalien kerrostalojen päälle on mahdollista myös rakentaa lisäkerros esimerkiksi puuelementein. (9. s. 44-47.) Puuelementtien etu lisärakentamisessa on niiden keveys betonielementteihin verrattuna. Keveys on välttämätön ehto, jotta alemmat rakenteet kestävät lisärakentamisen (10).

Esiselvityksessä huomioitiin kattavasti alueen kehittämisen eri näkökulmia. Selvityksessä pureuduttiin yksittäisten rakennusten ekotehokkuuden lisäämiseen ja samalla huomioitiin sosiaaliset näkökulmat. Kustannusten osalta esiselvitys sisälsi paljon oletuksia. Selvityksessä esitettiin ajatus, että eri taloyhtiöt toteuttaisivat peruskorjauksia yhdessä ja näin olisi saatavissa aikaan säästöjä (9, s. 105). Jo yhden taloyhtiön sisällä ristiriitoja on niin paljon, että yhteistoiminta taloyhtiöiden kesken on tuskin mahdollista. Todennäköisempää on, että yksityisomisteissa rakennuksissa ryhdyttäisiin pienellä viiveellä perusparannuksiin, kun alue on ensin muutoin muodostunut houkuttelevammaksi.

Peltosaarella Saturnuksenkatu 2:ssa toteutettiin tyypillisen 1970-luvun kerrostalon ekotehokas peruskorjaus lähes nollaenergiataloksi. Peruskorjaus toteutettiin osana Parocin Innova-hanketta. Hankkeessa kannustettiin taloyhtiöitä peruskorjaamaan kerrostaloja passiivitasolle. Paroc tarjosi tukea remontin ohjeistuksessa ja suunnittelussa. (10.)

Saturnuksenkatu 2:n peruskorjauksessa merkittävin energiatehokkuutta parantava tekijä oli poistoilman lämmön talteenotto. Toinen oleellinen tekijä oli Parocin toteuttama uudenlainen julkisivuelementti. Kyseessä on puurakenteinen elementti, jossa on valmiiksi asennettuna ikkunat ja ovet ja ilmanvaihtokanavat. Lisäksi lämmöneriste ja julkisivumateriaali olivat valmiina asennettuina elementeissä. Esivalmistettujen elementtien käytöllä remonttiaika kyettiin pitämään lyhyenä ja rakennus saatiin säänpitäväksi välittömästi. Asukkaiden ei tarvinnut muuttaa missään vaiheessa remontin tieltä. (10.)

Elementit valmistettiin tehtaalla kuivissa olosuhteissa. Vanhat rakenteet laserkeilattiin, jotta ikkunat ja ovet saatiin kohdistettua elementteihin mittatarkasti.

Peruskorjausmenetelmä ei vaatinut rakennustelineitä eikä rakennuksen huputtamista. Vanhan sandwichelementin ulkokuori poistettiin purkurobottia käyttäen. Myöskin vanha lämmöneriste poistettiin. (10.)

Elementit olivat 12 metriä korkeita, joten suuri seinäpinta-ala saatiin uusittua nopeasti. Elementtien keveä puurakenne mahdollisti näin suurten elementtien käytön. Uusi elementtirakenne mahdollisti huonekohtaiset tuloilma-aukot ja sen myötä asuinmukavuus lisääntyi. Lämmityskulut pienenevät jopa 75 prosenttia (10). Kuvissa 1 ja 2 on esitetty kohde Saturnuksenkatu 2 ennen ja jälkeen energiatehokkaan peruskorjauksen.



*KUVA 1. Saturnuksenkatu 2 ennen peruskorjausta (11)*



*KUVA 2. Saturnuksenkatu 2 peruskorjauksen jälkeen (12)*

## 4 EKOTEHOKKUUDEN KANSAINVÄLISET ARVIOINTIMENETELMÄT

### 4.1 BREEAM

BREEAM eli Building Research Establishment's Environmental Assessment Method on ensimmäinen kansainvälinen rakentamisen ympäristöluokitusjärjestelmä. Kyseisen järjestelmän mukaisia ympäristösertifikaatteja on myönnetty yli 561 000 rakennushankkeelle ja yli 2,2 miljoonaa rakennusta on rekisteröitynyt arvioitavaksi BREEAM-menettelyllä. Sertifikaattia voi hakea kaikenlaisille rakennushankkeille ja jo olemassa oleville rakennuksille. Riippumaton lisensoitu taho suorittaa rakennushankkeen tai rakennuksen arvioinnin. Sertifikaatit ja arvioijien lisenssit myöntää BRE Global. (13, s. 4.)

Järjestelmä on otettu käyttöön vuonna 1990 Isossa-Britanniassa ja se on alunperin suunniteltu Ison-Britannian paikallisiin olosuhteisiin. Myöhemmin BREEAM-menetelmästä on kehitetty kansainvälisiä versioita, jotka eivät ole sidoksissa Ison-Britannian paikallisiin määräyksiin. Kansainväliset versiot ottavat huomioon kohdemaiden olosuhteet ja arvioinnissa huomioidaan paikalliset määräykset. Järjestelmästä on kehitetty versioita uudisrakentamiselle, infrahankkeille, alueellisille hankkeille ja liikerakennuksille sekä toimistoille. (13, s. 4.)

Useilla mailla on käytössään oma BREEAM-sertifioinnin kansallinen versionsa. Kansallisissa versioissa BREEAM-sertifioinnin ympäristövaikutusten kategoriat pysyvät samoina, mutta vaatimusten täyttymisen ehdot voivat vaihdella kansallisten normien mukaisesti. Kansainväliset versiot ovat tarkoitettu käytettäväksi niissä maissa, joissa ei ole kansallista BREEAM-organisaatiota eikä kansallista BREEAM-versiota. (13, s. 396.)

Tässä työssä tarkastellaan menetelmän versiota BREEAM International New Construction 2016 (NC). Kyseinen versio sopii asuinrakennuksille, kaupallisille rakennuksille ja koulurakennuksille. Peruskorjauskohteita ja rakennusten käyttötarkoituksen muutoksia varten on kehitetty oma sertifiointiohjelma BREEAM International Refurbishment and Fit-out. Koska New Construction-menettely on

haastavampi, sitä voidaan käyttää peruskorjauskohteille, mikäli peruskorjaus on tarpeeksi kattava. (13, s. 12-14.)

#### **4.1.1 BREEAM-arviointiprosessi ja sen osapuolet**

BREEAM-arviointiprosessissa avainasemassa on sertifioitu arvioitsija, BREEAM Assessor. Sertifikaatin voi hankkia osallistumalla BRE Globalin järjestämälle kurssille ja suorittamalla sen jälkeen arvioitsijan tentin. Kun rakennuttaja haluaa rakennukselle BREEAM-luokituksen, tulee hänen ottaa yhteyttä BREEAM-arvioitsijaan. Arvioitsija rekisteröi rakennushankkeen BRE Globalin rekisteriin, suorittaa arvioinnin ja hankkii luokituksen BRE Globalilta. (13, s. 4.) Arvioitsijat löytyvät BRE Globalin hakukoneesta (14). Suurimmat suomalaiset insinööritoimistot tarjoavat BREEAM-arviointipalvelua.

Rakennushankkeessa tulisi olla mukana myös BREEAM Accredited Professional (AP), eli akkreditoitu ammattilainen. Kyseisellä henkilöllä tulee olla syvälliset tiedot BREEAM-luokituksesta ja sen tavoitteiden saavuttamisen keinoista. BREEAM AP toimii konsulttina ja auttaa tavoitteiden asettamisessa rakennushankkeessa. Järkevintä on hyödyntää konsulttia jo suunnitteluvaiheessa, jotta tavoitteiden saavuttaminen olisi ylipäättään mahdollista. Suunnitteluvaiheessa päätetään esimerkiksi rakennuksen sijainti ja energiaratkaisut, joilla on suuri vaikutus BREEAMin pisteytykseen. (13, s. 8.)

#### **4.1.2 BREEAM-arviointiasteikko ja pisteytys**

BREEAM-ympäristöluokitus on kuusiportainen. Sertifikaatin arvosanat laskevassa järjestyksessä ovat: Outstanding (ylivoimainen), Excellent (erinomainen), Very Good (erittäin hyvä), Good (hyvä) ja Pass (läpäisty). Lisäksi arviointiasteikolla on vielä luokka Unclassified eli luokittelematon tai hylätty. Tämä tarkoittaa, että arvioitu kohde ei täytä BREEAM-menetelmän vähimmäisvaatimuksia eikä täten ansaitse luokitusta. Taulukossa 1 on esitetty BREEAM-sertifioinnin luokat ja pisterajat. (13, s. 20.)

Päästäkseen Outstanding-tasolle tulee rakennuksesta tehdä niin sanottu tapaus-tutkimus tai antaa BRE Global järjestön suorittaa kyseinen tutkimus.

Tarkoituksena on saada Outstanding-luokitukseen yltävästä rakennuksesta hyödyllistä tietoa yleiseen käyttöön. (13, s. 29.)

*TAULUKKO 1. BREEAMin arvosteluasteikko ja pisterajat*

BREEAM-luokitus	Arvosana (prosentti)
Ylivoimainen (Outstanding)	≥ 85
Erinomainen (Excellent)	≥ 70
Erittäin hyvä (Very Good)	≥ 55
Hyvä (Good)	≥ 45
Läpäisty (Pass)	≥ 30
Hylätty (Unclassified)	< 30

Arvioinnissa tarkastellaan ympäristövaikutuksia yhdeksässä kategoriassa. Jokainen kategoria on jaettu useaan pienempään tiettyyn ympäristövaikutukseen kohdistuvaan aiheeseen. Kunkin aiheen kohdalla tarkastellaan, kuinka hyvin kyseinen aihe on huomioitu ja toteutettu hankkeessa. Aiheen toteutusta arvioidaan tarkasti määrättyjen kriteerien avulla. Pisteiden laskenta perustuu siihen, kuinka hyvin arvioitava hanke täyttää kriteerit. (13, s. 34-394.)

Kriteereistä muodostuu looginen kokonaisuus, jonka voidaan katsoa lisäävän ekotehokkuutta. Esimerkiksi kategoriassa Vesi, aiheessa Veden kulutus (Wat 01) voi saada ensimmäisen pisteen jo pelkästään laskemalla kotitalouksien vedenkulutus BREEAMin omalla laskurilla. Täydet viisi pistettä saa, kun juotavaksi kelpaavan veden kulutusta on onnistuttu vähentämään 55 prosenttia perustasosta runsassateisella vyöhykkeellä. Perustaso lasketaan BREEAMin omalla laskentaohjelmalla. (13, s. 241-242.)

Yksittäisessä kategoriassa ansaitut pisteet lasketaan yhteen ja jaetaan sitten kategorian kokonaispistemäärällä. Kategorian tulos esitetään prosenttilukuna. Kulakin kategorialla on lisäksi omat painokertoimensa. Taulukossa 2 on esitetty BREEAM-menetelmässä tarkasteltavat kategoriat. Taulukossa on esitetty myös

kategorioiden painoprosentit, kun kyseessä on monta huoneistoa käsittävä rakennus ja asunnot ovat kiintokalustettuja, kuten asuinkerrostalo. (13, s. 20-29.)

*TAULUKKO 2. BREEAM-kategoriat, suomennokset ja lyhenteet sekä painotukset*

Kategoria	Vapaa suomennos	Lyhenne	Painoprosentti
Management	Projektinjohto	Man	12
Health and Wellbeing	Terveys ja hyvinvointi	Hea	14
Hea 07 Hazards	Luonnononnettomuuksien riskit		1
Energy	Energia	Ene	19
Transport	Liikenne	Tra	8
Water	Vesi	Wat	6
Materials	Materiaalit	Mat	12,5
Waste	Jätehuolto	Wst	7,5
Land Use and Ecology	Maankäyttö ja ekologia	LE	10
Pollution	Saasteet	Pol	6,5
Pol 03 Surface water run-off	Hulevedet		3,5
<b>Lisäkategoria</b>			
Innovation	Innovaatiot		10

Kahdessa kategorian alakohdassa on pieniä poikkeamia painotuksissa. Terveys ja hyvinvointi -kategoriassa on painokerroin yleisesti 14 prosenttia, mutta alakohdalla Hea 07: Hazards eli Luonnononnettomuudet on erillinen 1 prosentin painokerroin. Lisäksi Saasteet-kategoriassa alakohdassa Pol 03: Surface water run-off eli hulevedet on kategoriasta poikkeava 3,5 prosentin painokerroin. Poikkeava painotus näissä kahdessa kohdassa johtuu siitä, että kategoriat käsittelevät

globaaleita aiheita, mutta nämä kaksi alakohtaa ovat enemmänkin paikallisia kysymyksiä. (13, s. 24.)

Kohta Hea 07 eli luonnononnettomuudet voi käsitellä esimerkiksi lumivyöryn vaaraa, joten kyse on paikallisesta aiheesta (13, s. 131-133). Kohdassa Pol 03 eli hulevedet käsitellään tulvavaaraa ja sade- ja sulamisvesien hallintaa. Tämäkin kohta koskee siis paikallisia olosuhteita (13, s. 362-382).

Taulukossa 3 on esitetty esimerkki pisteiden laskennasta ja BREEAM-luokan määräytymisestä.

*TAULUKKO 3. Esimerkki BREEAM-luokituksen pisteiden laskennasta*

BREEAM-kategoria	Ansaitut pisteet	Maksimipisteet	Prosentti-osuus	Painokerroin	Painotetut pisteet
Projektinjohto	10	20	50,00	12	6,00
Terveys ja hyvinvointi	17	21	80,95	14	11,33
Luonnononnettomuudet	1	1	100,00	1	1,00
Energia	16	34	47,06	19	8,94
Liikenne	5	11	45,45	8	3,64
Vesi	5	9	55,56	6	3,33
Materiaalit	10	14	71,43	12,5	8,93
Jätehuolto	3	13	23,08	7,5	1,73
Maankäyttö ja ekologia	5	5	100,00	10	10,00
Saasteet	5	7	71,43	6,5	4,64
Hulevedet	4	5	80,00	3,5	2,80
Innovaatiot	2	10	20,00	10	2,00
Lopullinen BREEAM-arvosana					64,35
BREEAM-luokitus				Erittäin hyvä (Very Good)	



Tiettyä arvosanaa ja luokitusta tavoiteltaessa tulee pyrkiä ottamaan eri ympäristönäkökohdat huomioon tasapainoisesti. BREEAM-arvioinnissa pyritään varmistamaan, ettei joitakin tärkeitä osa-alueita tai aiheita sivuuteta keskittymällä liiaksi johonkin tiettyyn osa-alueeseen. Tästä syystä jokaisessa sertifiointiluokassa on omat vähimmäisvaatimuksensa. Taulukossa 4 on esitetty vähimmäisvaatimukset eri kategorioissa. Vähimmäisvaatimukset voivat olla yksittäisiä kriteereitä tai vähimmäispistemääriä jostakin kategorian alakohdasta. (13, s. 21-22.)

*TAULUKKO 4. BREEAMin vähimmäisvaatimukset eri kategorioissa*

Alakohta	Läpäisty	Hyvä	Erittäin hyvä	Erinomainen	Ylivoimainen
Man 03 Työmaan vastuulliset toimintatavat	Kriteeri 2 Kansallisten työturvallisuus- ja työterveysmääräysten noudattaminen	Kriteeri 2 Kansallisten työturvallisuus- ja työterveysmääräysten noudattaminen	Kriteeri 2 Kansallisten työturvallisuus- ja työterveysmääräysten noudattaminen	1p. Ympäristön ja työntekijät huomioiva rakentaminen.	2p. Ympäristön ja työntekijät huomioiva rakentaminen.
Man 04 Käyttöönotto ja luovutus	-	-	-	Kriteeri 10 Käyttöohje	Kriteeri 10 Käyttöohje
Man 05 Takuuaikainen toiminta	-	-	-	1p. Käyttöönotto vuodenaikojen mukaan	1p. Käyttöönotto vuodenaikojen mukaan
Hea 01 Näkömu-kavuus	Kriteeri 1 Loisteputkissa suurtaajuiset liittimet	Kriteeri 1 Loisteputkissa suurtaajuiset liittimet	Kriteeri 1 Loisteputkissa suurtaajuiset liittimet	Kriteeri 1 Loisteputkissa suurtaajuiset liittimet	Kriteeri 1 Loisteputkissa suurtaajuiset liittimet
Hea 02 Sisäilman laatu	Kriteeri 1 Ei asbestia rakenteissa	Kriteeri 1 Ei asbestia rakenteissa	Kriteeri 1 Ei asbestia rakenteissa	Kriteeri 1 Ei asbestia rakenteissa	Kriteeri 1 Ei asbestia rakenteissa

Hea 06 Esteettö- myys	-	-	-	-	2p. Yh- denvertai- suus ja es- teettömyys suunnitte- lussa
Hea 08 Yksityinen ulkoilu- alue	-	-	-	-	1p. Yksi- tyinen ul- koilualue
Hea 09 Veden- laatu	Kriteeri 1 Legionellan torjunta	Kriteeri 1 Legionellan torjunta	Kriteeri 1 Legionellan torjunta	Kriteeri 1 Legionel- lan tor- junta	Kriteeri 1 Legionel- lan tor- junta
Ene 01 Energian- kulutuk- sen ja hii- lipäästo- jen vähen- täminen	-	-	-	6p.	10p.
Ene 02a Energian- kulutuk- sen seu- ranta	-	-	1p. Pää- energialäh- teiden kulu- tuksen seu- ranta. Käyt- tjä voi seurata kulu- tusta.	1p. Pää- energia- lähteiden kulutuksen seuranta. Käyttjä voi seu- rata kulu- tusta.	1p. Pää- energia- lähteiden kulutuksen seuranta. Käyttjä voi seu- rata kulu- tusta.
Wat 01 Vedenku- lutus	-	1p.	1p.	1p.	2p.
Wat 02 Vedenku- lutuksen seuranta	-	Kriteeri1 Etäluettava päävesimit- tari	Kriteeri1 Etäluettava päävesimit- tari	Kriteeri1 Etäluet- tava pää- vesimittari	Kriteeri1 Etäluet- tava pää- vesimittari
Mat 03 Vastuulli- sesti han- kitut raaka-ai- neet	Kriteeri 1 Sertifioitu puu	Kriteeri 1 Sertifioitu puu	Kriteeri 1 Sertifioitu puu	Kriteeri 1 Sertifioitu puu	Kriteeri 1 Sertifioitu puu

Wst 01 Työmaan jätehuolto	-	-	-	-	1p.
Wst 03a Käytön ai- kaiset jät- teet	-	-	-	1p.	1p.

### **Projektinjohto**

Projektinjohto-kategoriassa halutaan edistää kestäviä johtamistapoja suunnittelussa, rakentamisvaiheessa sekä käyttöönotossa, luovutuksessa ja takuuajana. Pyrkimyksenä on varmistaa, että ekologisen kestävyuden tavoitteet asetetaan jo hankkeen alussa ja tavoitteiden toteutumista valvotaan ja johdetaan hankkeen aloituskokouksesta alkaen aina käyttöönotto- ja takuuvaiheeseen asti. Kategorian aiheissa kiinnitetään huomiota tiedonvälitykseen hankkeen osapuolten kesken sekä työ- ja ympäristöturvallisuuden noudattamiseen rakennusvaiheessa. Tässä kategoriassa myös kannustetaan hankkeeseen ryhtyvää suorittamaan elinkaarikustannusten arviointi esisuunnitteluvaiheessa. (13, s. 34-41.)

### **Terveys ja hyvinvointi**

Terveys ja hyvinvointi -kategoriassa korostetaan viihtyisyyttä, terveellisyttä ja turvallisuutta. Pisteitä karttuu rakennuksen varsinaisten käyttäjien, vierailijoiden ja lähiympäristössä liikkuvien elämänlaatua parantavista suunnitteluratkaisuista. Alakohdissa käsitellään muun muassa valaistusta, sisäilman laatua ja ilmanvaihtoa, akustiikkaa sekä sisälämpötilan säätelyä. Valaistuksen osalta kiinnitetään huomiota keinovalaistuksen laatuun sekä riittävään luonnonvalon sisään pääsyyn huoneiston eri osissa. Sisäilman laadun ja ilmanvaihdon sekä lämpötilan säätelyn osalta kannustetaan suorittamaan mallinnuksia ja varautumaan ilmastomuutoksen tuomiin muutostarpeisiin ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmiä suunniteltaessa. (13, s. 72-140.)

## **Energia**

Energia-kategorialla on suurin painotus BREEAM-arvioinnissa. Tässä kategoriassa pisteytyksellä kannustetaan energiatehokkaisiin ratkaisuihin rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden osalta. Kategoriassa pyritään kokonaisvaltaiseen energiatehokkuuteen, hiilipäästöjen pienentämiseen sekä ekologisesti kestäväan kiinteistön ylläpitoon. Eniten pisteitä on tarjolla energiatehokkuuden ja hiilipäästöjen aihekokonaisuudesta. Kyseisessä aihekokonaisuudessa voi saada jopa 15 pistettä ja lisäksi 5 innovaatiopistettä. Täysiin pisteisiin päästäkseen tulisi käytön aikainen energia tuottaa matala- tai nollahiilipäästö-tekniikalla (Low or zero carbon, LZC). Lisäksi rakennuksen pitäisi olla äärimmäisen energiatehokas, niin sanottu energiapositiivinen rakennus. Rakennuksen olisi siis tuotettava enemmän energiaa kuin se vuoden aikana käyttää. Maalämpö lasketaan matalahiilipäästöiseksi tekniikaksi. Uusiutuvien energiamuotojen käytöllä päästään kohti energiapositiivisuutta. Energiankulutuksen seuranta ja etälukujärjestelmät sekä käyttäjien mahdollisuus tarkkailla omaa energiankulutustaan kerryttävät myös pisteitä. (13, s. 141-200.)

## **Liikenne**

Liikenne-kategoriassa pyritään vähentämään liikenteen energiankulutusta ja päästöjä muun muassa vähentämällä yksityisautoilun tarvetta. Kategoriassa motivoidaan joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käytön edistämiseen rakennuksen suunnittelussa ja sijainnin valinnassa. Pisteitä kertyy esimerkiksi siitä, että vähintään kaksi oleellista palvelua sijaitsevat lähietäisyydellä rakennuksesta, niin ettei henkilöautoa tarvita. Lisäksi kategoriassa palkitaan, mikäli rakennuksen käyttäjiä voidaan innostaa kevyen liikenteen suosimiseen erityisillä tilaratkaisuilla. Esimerkiksi hyvin suunnitellut ja mitoitetut polkupyörävarastot ja -telineet sekä työmatkapyöräilijöiden pesu- ja pukeutumistilat huomioidaan arvioinnissa. (13, s. 201-239.)

## **Vesi**

Tämän kategorian aiheet koskevat juotavaksi kelpaavan veden kestäväää käyttöä rakennuksessa ja tontilla. Suurin painotus on juotavaksi kelpaavan veden kulutuksen vähentämisellä. Pisteitä saa myös vesivuotojen valvonnasta ja

ehkäisemisestä sekä vedenkulutuksen mittaamisesta. Pistemäärää kartuttaa myös käytetyn veden puhdistus ja uusiokäyttö esimerkiksi uima-altaissa ja autopesupaikoilla. Sadeveden kerääminen ja käyttö esimerkiksi viheralueiden kastelussa on myös huomioitu arvioinnissa. (13, s. 240-262.)

### **Materiaalit**

Materiaalit-kategoriassa pyritään rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten pienentämiseen. Materiaalien valinnassa tulisi huomioida ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta raaka-aineiden hankinnasta ja materiaalien valmistuksesta aina rakennuksen purkuun ja materiaalien kierrätykseen tai loppusijoittamiseen asti. Materiaalien ympäristövaikutusten arvioinnilla (Life Cycle Assessment, LCA) ja tulosten vertailulla voidaan suunnitteluvaiheessa valita materiaaleja ja rakennusosia niin, että ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman pieniä. Kestävien materiaalien ja rakenneosien valinta vähentää myös uusimis- ja korjaustarvetta. (13, s. 263.)

Kategoriassa annetaan pisteitä myös materiaalien ja raaka-aineiden vastuullisesta hankinnasta, materiaalihukan pienentämisestä sekä valittujen rakennusmateriaalien kierrätettävyydestä. Materiaalien ympäristövaikutusten elinkaaritarkastelu voidaan tehdä taulukkolaskentana tai siihen voidaan käyttää hienostuneempia ohjelmistoja. Laskentaan tulee sisällyttää vähintään kaikki ne rakennuksen osat, jotka on huomioitu BREEAMin omassa taulukkopohjaisessa työkalussa BREEAM International Mat 01 calculator. (13, s. 263-293.)

### **Jätehuolto**

Jätehuolto-kategoriassa kannustetaan jätteen uusiokäyttöön ja kierrätykseen rakennusaikana, korjaus- ja huoltotilanteissa sekä rakennuksen käytön aikana. Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa kannustetaan ratkaisuihin, jotka vähentävät kaatopaikalle loppusijoitettavaksi päätyvien jätteiden määrää. Suunnitteluvaiheessa tehdyt ratkaisut vaikuttavat myös huolloissa ja korjauksissa syntyvien jätteiden määriin ja kierrätettävyyteen. Tässä kategoriassa pisteitä voidaan tavoitella rakennustyömaan jätevirtojen hallinnalla ja materiaalihukkaa pienentämällä. Pisteitä saa myös ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautumisesta sekä

suunnitteluratkaisuista, jotka mahdollistavat rakennuksen muuntelun käyttötarkoituksen mukaan elinkaaren aikana. (13, s. 294-326.)

## **Maankäyttö ja ekologia**

Tässä kategoriassa pyritään vähentämään rakentamisen maankäytön negatiivisia ympäristövaikutuksia ja säilyttämään tontin ja lähiympäristön luonnon monimuotoisuutta. Valitsemalla rakennuspaikaksi jo aiemmin rakennettuja maa-alueita, kuten vanhoja teollisuusalueita, voidaan säilyttää koskemattomia luonnontilaisia maa-alueita. (13, s. 327-349.)

Kategoriassa kannustetaan vaalimaan tontin olemassa olevia ekologisia piirteitä luonnon monimuotoisuutta pienentämällä rakennuksen vaikutuksia tontin ja lähiympäristön ekologiaan. Pisteitä saa säilyttämällä tontin alkuperäistä luontoa tontin raivauksen yhteydessä. Lisäksi kategoriassa kannustetaan säilyttämään luonnon monimuotoisuutta suunnittelemalla viheralueita ja istutuksia ympäristön ehdoilla. (13, s. 327-349.)

Vieraslajien istuttaminen tontille voi olla ympäristölle suorastaan haitallista. Siksi viheralueiden ja istutusten suunnittelu vaatii alan ammattilaisen arviota ja suosituksia. Pisteytyksessä palkitaan vihersuunnittelun ammattilaisen käyttämisestä ja suunnittelijan suositusten toteuttamisesta. Pisteitä annetaan myös positiivisista ympäristövaikutuksista, jos esimerkiksi rakennetaan aiemmin saastuneelle maalle ja puhdistetaan maaperä rakennustöiden yhteydessä. (13, s. 327-349.)

## **Saasteet**

Saasteet-kategoriassa rohkaistaan vähentämään rakennuksen tuottamia haitallisia päästöjä sekä minimoimaan vaikutuksia ympäristöön. Pisteitä esimerkiksi karttuu, kun vältetään ylös suuntautuvaa valosaastetta pimeään aikaan ja rajoitetaan rakennuksesta aiheutuvan melun leviämistä ympäristöön (5, s. 350). Lisäksi osiossa kannustetaan käyttämään lämpöenergian tuotannossa mahdollisimman vähän typen oksideja (NO<sub>x</sub>) aiheuttavia polttoaineita, käyttämään jäähdytysaineita, jotka eivät kiihdytä ilmastonmuutosta ja estämään jäähdytysaineiden vuotoja. (13, s. 350-390.)

Eniten pisteitä tässä kategoriassa tarjotaan hulevesien rajoittamisesta ja hallinnasta sekä saasteiden, kuten kemikaalien, öljyn, raskasmetallien ja liejun leviämisen estämisestä hulevesien mukana. Hulevesien ja tulvariskin huomioiminen

ja torjunta suunnittelussa on tämän kategorian tärkein alakohta. Tulvariski sisältyy tähän kategoriaan, koska hulevesien ja tulvimisen seurauksena monet rakennetussa ympäristössä esiintyvät saasteet päätyvät vesistöön ja sitä tässä kategoriassa halutaan estää. (13, s. 368-382.)

Hulevesien virtaamien hallinnalla pyritään vähentämään esimerkiksi rankkasateen aiheuttamaa äkillistä kuormaa rakennuksen ympäristössä. Hallitsemattomat hulevedet aiheuttavat helposti sadevesijärjestelmän ylivuotoja ja paikallisia tulvia sekä vahinkoa rakennuksille ja infrastruktuurille. Paikalliset tulvat aiheuttavat myös terveysriskejä, kuten viemäriveresien tulvimista rakennusten alimpiin kerroksiin. (13, s. 368-382.)

### **Innovaatiot**

Innovaatiot-kategoria on lisäluokka, josta voi ansaita yhden pisteen. Pisteitä annetaan niukasti siksi, että innovaatiolla ansaitaan pisteitä joistakin toisista kategorioista. Kyseessä voi olla esimerkiksi vedenkulutuksen vähentämiseen liittyvä innovaatio, joten sillä saavutetaan hyötyjä ja pisteitä Vesi-kategoriassa. Innovaation tulee olla uudenlainen tapa toteuttaa jokin kestävä kehityksen tavoitteista. (13, s. 391-394.)

### **4.2 LEED**

LEED on lyhennelmä sanoista Leadership in Energy and Environmental Design. LEED järjestelmän kehittämisestä ja ylläpitämisestä vastaa järjestö USGBC eli United States Green Building Council. Sertifiointimenettely on kehitetty vuonna 2000 pitkälti BREEAM-järjestelmän pohjalta. Vaikka LEED-luokitusjärjestelmä muistuttaa pitkälti BREEAM-järjestelmää, on LEED menettelyltään virtaviivaisempi. LEED on käytännössä Pohjois-Amerikan markkinoille suunnattu lokalisoitu järjestelmä. (15.)

USGBC on voittoa tavoittelematon ekologisemman rakentamisen edistämiseen keskittyvä järjestö. LEED-sertifikaatti ei ole kuitenkaan ilmainen. Sertifiointimenettelyssä USGBC tarkastelee rakennushanketta koskevat suunnitelmat ja syntyvien kustannusten kattamiseksi USGBC perii maksun rakennushankkeen koon suhteutettuna. (15.)



LEED-järjestelmässä on lukuisia sertifiointimenettelyjä eri tyyppisille rakennushankkeille. Tässä luvussa käsitellään LEED version v4 ja Building Design and Construction (LEED BD+C) menettelyä. Kyseinen menettely vastaa parhaiten edellä käsiteltyä BREEAM New Construction International-menettelyä. (16.)

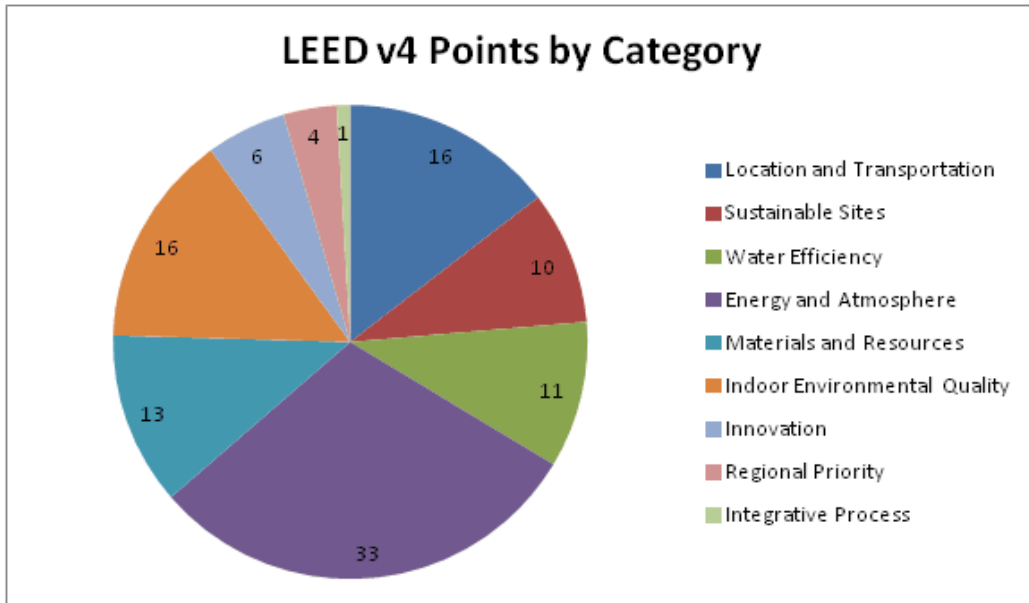
#### **4.2.1 LEED-arviointiprosessi ja sen osapuolet**

LEED-arviointiprosessissa ei tarvita akkreditoitua arvioitsijaa. Sertifikaatin hakija voi yksinkertaisesti lähettää sertifikaatin anomiseen tarvittavan dokumentaation USGBC:n tarkasteltavaksi. Sertifiointiin hakemiseksi on dokumentoitava rakennushankkeen suunnitelmat sekä ekotehokkuuden osoittavat laskelmat. (16.) Sertifikaatin hakemisessa ei ole pakko käyttää riippumatonta asiantuntijaa, toisin kuin BREEAM-sertifiointissa.

USGBC suosittelee LEED-prosessiin perehtyneen ammattilaisen ottamista mukaan hankkeen suunnitteluun ja toteutukseen. Henkilö voi kouluttautua vihreän rakentamisen ydinasiat hallitsevaksi LEED Green Associateksi (17). Vihreän rakentamisen osaamista voi syventää jatkokoulutuksella perustasolta LEED Accredited Professional-tasolle (18). Kouluttautunut ammattilainen ohjaa rakennushankkeen osapuolia tavoitellun sertifikaatin saavuttamiseksi. Ammattilaisen käyttö ei ole pakollista, mutta sertifikaatin hakeminen ilman asiantuntemusta on työlästä.

#### **4.2.2 LEED-arviointiasteikko ja pisteytys**

LEED-arvioinnissa pisteitä kerätään yhdeksässä kategoriassa (16, s. 12-144), kuten BREEAM-arvioinnissakin. Kategoriat ja niistä mahdollisesti saatavat pisteet on esitetty kuvassa 3.



*KUVA 3. LEED kategoriat ja mahdolliset enimmäispistemäärät (19)*

LEED-järjestelmän arvosteluasteikolla on neljä tasoa: certified, silver, gold ja platinum (16, s. 9). Tasoja on siis vähemmän kuin BREEAM-arviointiasteikossa. Kuvassa 4 on esitetty LEED-sertifikaatin tasot.



*KUVA 4. LEED-sertifikaatin tasot (20)*

Pisteitä voi saada LEED BD+C -arvioinnissa saada yhteensä 110. Taulukossa 5 on esitetty LEED-sertifikaatin pisterajat ja vastaavat arvosanat. (15.)

*TAULUKKO 5. LEED-sertifikaatin pisterajat ja vastaavat arvosanat (15)*

Pisteet	LEED Arvosana
40-49	Certified
50-59	Silver
60-79	Gold
80-110	Platinum

### 4.3 Kansainvälisten arviointimenetelmien käyttö Suomessa

Molemmat kansainvälisesti tunnetuimmat ympäristösertifikaatit, LEED ja BREEAM, ovat saaneet Suomessa kasvavaa suosiota. Energiatodistus ja rakennuksen tekniset tiedot eivät ole riittävän vertailukelpoisia ja mielikuvia herättäviä ekotehokkuuden mittareita. Sertifikaatit antavat rakennushankkeeseen sijoittaville tai vaikkapa liiketilaa vuokraaville tahoille lupauksen ekotehokkuudesta yksinkertaistetussa muodossa. Tyypillisesti sertifiointin arvosanaa käytetään näkyvästi sertifioidun rakennuksen markkinoinnissa. Korkea arvosana tuo lisäarvoa ja mainetta rakennukselle. Esimerkiksi NCC on sertifiointunut kaikki kehittämänsä toimitilat BREEAM-ympäristöluokitusjärjestelmän avulla jo vuodesta 2009 alkaen (23).

Sertifioituja rakennuksia ja hankkeita voi hakea sertifikaatin myöntäneen tahon verkkosivulta. Sivustoilta voi hakea projekteja muun muassa maakohtaisesti ja tietoja voi rajata myös sertifikaatin arvosanan mukaan. Sivustoilta voi myös hakea alan akkreditoituja konsultteja. (14; 21.)

BREEAM-sertifikaatteja on myönnetty tai sertifiointi on meneillään Suomessa 175 kohteessa. LEED-sertifikaatteja on vastaavasti myönnetty tai sertifiointi on meneillään 170 kohteessa. Ympäristösertifikaatteja haetaan pääasiassa suurille ja näyttäville hankkeille. Kohteet sijaitsevat enimmäkseen kasvukeskuksissa, etenkin pääkaupunkiseudulla. BREEAM-sertifikaatteja on myönnetty Oulun seudulla vain muutamia. Oulun lähetyvillä Kempeleen kauppakeskus Zeppelin on onnistuneesti saavuttanut BREEAM Very Good -sertifikaatin. Myöskin Oy Hammaslääketieteen uudisrakennus on saanut suunnitteluvaiheen Very Good -sertifikaatin. (14.)

LEED-sertifioituja kohteita on Oulussa useampia. Esimerkiksi Oulun keskustan Kauppurienkadun ja Torikadun kulmauksessa sijaitseva liike- ja hyvinvointipalvelukeskus Kauppurienkatu 9 on saavuttanut korkeimman LEED Platinum -tason. Technopolis Oy:n kuusi toimitilarakennusta ovat saaneet LEED Gold -sertifikaatit. Kauppakeskus Valkea on myös yltänyt LEED Gold -ekotehokkuustasoon. (21.)

Kansainvälisten ympäristösertifikaattien kattavaa dokumentaatioita ja valmiiksi pureskeltua arviointimenettelyä voidaan hyödyntää silloinkin, kun sertifikaattia ei

tavoitella. Esimerkiksi Ranuan Hyvinvointikeskuksen suunnittele- ja rakenna -kilpailussa yhtenä vaatimuksena oli rakennuksen ekotehokkuuden arviointi LEED-menettelyllä. Ekotehokkuus oli yksi SR-kilpailun kriteereistä, mutta varsinaista sertifiointia ei rakennukselle haettu.

Koulutusta ja tietoa rakentamisen energia- ja ekotehokkuudesta sekä sertifiointijärjestelmistä Suomessa tarjoaa Green Building Council Finland. Kyseessä on rakennusalan toimijoiden yhteenliittymä. Jäsenyys ja kurssit ovat maksullisia.  
(22.)

## 5 EKOTEHOKKUUDEN HUOMIOON OTTAMINEN RAKENTAMISESSA

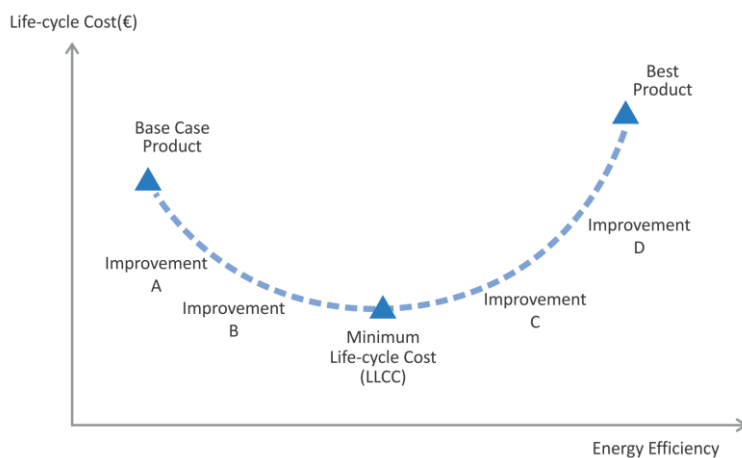
Luvussa 5 käsitellään ekotehokkuuden huomioimista omakotitalojen, kerrostalojen ja koulurakennusten osalta esimerkkien pohjalta.

Käytönaikaisen energiankulutuksen pienentäminen on ollut viime vuosikymmenten tärkein rakennusten ekotehokkuutta parantava keino. Energiatehokkuuden parantaminen on ollut kaikkia rakennustyyppisiä yhdistävä tavoite. Riittävällä eristyksellä ja rakennuksen tiiveydellä sekä poistoilman lämmön talteenotolla saavutetaan hyvä energia- ja ekotehokkuus kohtuullisilla alkukustannuksilla. Elinkaarikustannukset ja päästöt pienenevät energiaterhokkuuden parantamisen myötä.

(4.)

Suurten tehokkuusharppausten jälkeen energiaterhokkuuden parantaminen edelleen on vähemmän palkitsevaa. Alku- ja elinkaarikustannukset nousevat, jos yritetään eristepaksuutta alati lisäämällä tai useita päällekkäisiä koneellisia ratkaisuja käyttämällä saavuttaa yhä pieneneviä hyötyjä. Kuvassa 5 on esitetty karkeasti elinkaarikustannusten (Life-Cycle Cost) suhde energiaterhokkuuteen. Kuvaa-  
ajan aallonpohjassa sijaitsee optimikohta. Jatkettaessa kuvaajassa oikealle kohti suurempaa energiaterhokkuutta lähtevät elinkaarikustannukset jälleen nousuun.

(4.)



KUVA 5. Elinkaarikustannukset energiaterhokkuuden funktiona (23)

Ekotehokkuuden lisäämiseksi on otettava tarkasteluun muutkin tekijät rakennuksen energiatehokkuuden lisäksi. Esimerkiksi rakennuksen sijainti ja ympäröivä rakennuskanta vaikuttavat alueen liikennemääriin. Riittävä asukastiheys mahdollistaa joukkoliikenteen palvelutarjonnan alueelle. Tämä vähentää yksityisautoilun tarvetta ja edelleen energiankulutusta ja liikennepäästöjä. Mikäli joukkoliikennepalvelut ovat riittävän kattavat, voidaan jopa säästyä parkkipaikkojen rakentamiselta ja näin maankäyttö on tehokkaampaa. Tehokas maankäyttö vaatii vastapainokseen viheralueiden verkoston, jotka vaikuttavat positiivisesti ilmanlaatuun sekä hulevesien hallintaan ja ne tarjoavat virkistysmahdollisuuksia. (13; 26.)

Rakennusmateriaalien valinta, rakenneratkaisut ja rakennuksen huollettavuus, tilankäytön tehokkuus, energian ja veden käytön kulutus sekä käyttöenergian tuotantotapa vaikuttavat osaltaan rakennuksen ekotehokkuuteen. Huomioon otettavien asioiden vyyhti on moninainen ja tähän selkeyttä tuovat eri ympäristösertifiointimenetelmät. Vaikka rakennukselle ei hakisi sertifiointia, voi menetelmien avulla kartoittaa rakennuksen tai rakennetun alueen ekotehokkuutta. (22.)

## **5.1 Omakotitalo**

Rakentamisen lainsäädäntö ohjaa ja pakottaa pientalorakentamista yhä energiatehokkaampiin seinärakenteisiin ja tiukempiin energiankulutusarvoihin. Uuden lainsäädännön mukaan vuoden 2018 alusta alkaen esimerkiksi 150 neliömetrin omakotitalon energiatehokkuuden vertailuarvo eli E-luku saa olla enintään  $200 \cdot 0,6 \times \text{nettoala} = 110$  kun se aiemmin sai olla enintään  $372 \cdot 1,4 \times \text{nettoala} = 162$ . Energiatehokkuuden vaatimukset ovat siis kiristyneet huomattavasti. Pientalon uusien energiatehokkuusvaatimusten saavuttamiseksi on poistoilman lämmön talteenotto lähes välttämätöntä. (24, s. 3.)

Pientalo on kenties haastavin rakennustyyppi ekotehokkuuden kannalta Verrattessa pientalossa asumista kerrostaloasumiseen asettavat rakennusten koko, vaipan pinta-ala, neliömäärä suhteessa asukkaisiin, käytetty maapinta-ala ja rakennuksen sijainti pientaloasumisen kerrostaloasumista epäedullisempaan asemaan. Pientaloasukas mitä todennäköisimmin yksityisautoilee ja maankäyttötäänkin pientalo on kaikkein tehottomin rakennustyyppi. (25, s. 10.)

Maankäytön tehostamisen seurauksena tontit ja rakennusten koot ovat viime vuosina pienentyneet, ja pientaloja rakennetaan uusien peltolähiöiden sijaan myös tiiviille kaupunkialueelle. Niin sanottu town-house-tyyppinen pientaloasuminen on tullut suosituksi pääkaupunkiseudulla. (26.)

Omakotitalot edustavat suurta osaa asuntorakentamisen energian kulutuksesta, ja vaihteluväli erilaisten rakennusten kulutuksessa on suurta. Omakotitalo on edelleen useiden selvitysten mukaan suomalaisten toiveasumismuoto, joskin tilanne on hiljalleen muuttumassa. Omakotitalot ovat lähtökohtaisesta epäekologisuudesta huolimatta edelleen oleellinen tarkastelukohde. Ympäristöministeriön selvityksessä Ekologisesti kestävä pientaloasuminen (Hänninen 2014) tarkasteltiin pientalon ympäristöystävällisyyteen vaikuttavia tekijöitä. Lähtökohtana oli tarkastella tilatehokkuuden ja asukasmäärän merkitystä energiankulutuksen ja päästöjen laskennassa, rakennus- ja neliöpohjaisen tarkastelun ohella. (25.)

Tilatehokkuus on yksi rakennuksen ekotehokkuuden tekijöistä. Asumiseen käytetyn tilan tarve on kasvanut 1970-luvun 20 neliömetristä 2010-luvulla yli 40 neliömetriin asukasta kohden (25, s. 21, taulukko 4). Eri asuinrakennustyypeistä omakotitaloissa asutaan kaikista väljimmän. Väljyys kasvaa entisestään, kun perhe koko pienenee lasten muuttaessa pois vanhempiensa luota. Kynnys muuttaa omasta kodista on suuri, eikä nykyaikainen talo helposti muunnu pienemmäksi tarpeen mukaan. (25, s. 20; 25, s. 35.)

Omakotitalon ekotehokkuuden lisäämiseksi on jo pitkään ehdotettu muunneltavuutta vanhojen rintamamiestalojen tapaan. Nykyaikaisen rakennuksen vaippaa on kuitenkin vaikeaa muuttaa. Viisaampaa olisi suunnitella omakotitalo niin, että siitä olisi erotettavissa osa vuokrattavaksi. Kuka muuttaisi vapautuviin tiloihin? Onko tällöin enää kyse omakotitaloasumisesta? Muunneltavuuskaan tulee tuskin olemaan pientalojen ekotehokkuutta mullistava tekijä. Asukkaiden olisi yksinkertaisempaa muuttaa perheeseen vaihtelun mukaan sopivan kokoiseen asuntoon. Ihminen kuitenkin kiintyy asuinpaikkaansa ja sen muistoihin. Kasvukeskusten ulkopuolella omakotitalosta ei saa sellaisia myyntituloja, että pienempään uuteen asuntoon olisi mahdollista noin vain muuttaa.

Pääkaupunkiseudulla on vanhojen pientaloalueiden tonttien käyttöä ryhdytty tehostamaan lisärakentamista helpottamalla. Helsingin kaupunki on esittänyt kaavamuutoksen tekemistä niin, että lisärakentaminen olisi mahdollista vahoilla pientaloalueilla. Vanhat tontit ovat reilun kokoisia uusiin kaavoitettaviin alueisiin verrattuna. Lisärakentamista varten on kehitetty miniomakotitaloja. Kyseisiä asuntoja on suunniteltu rakennettavaksi muun muassa Helsingin Länsi-Käpylässä. Näin tonttien tehokkuutta olisi mahdollista nostaa. Ratkaisu on mahdollinen, koska pääkaupunkiseudun hyvien joukkoliikennepalveluiden takia lisärakennukseen muuttava asukas ei tuo mukanaan pihaan autoa. Tämäkään ratkaisu ei paranna alkuperäisen vanhan omakotitalon tehokkuutta, ellei sitten asukas itse muuta minitaloon perheeseen pienentyessä. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty visualisointi Länsi-Käpylään suunnitellusta minitalosta. (27.)



*KUVA 6. Esimerkki miniasunnon sijoituksesta Käpylään (27)*

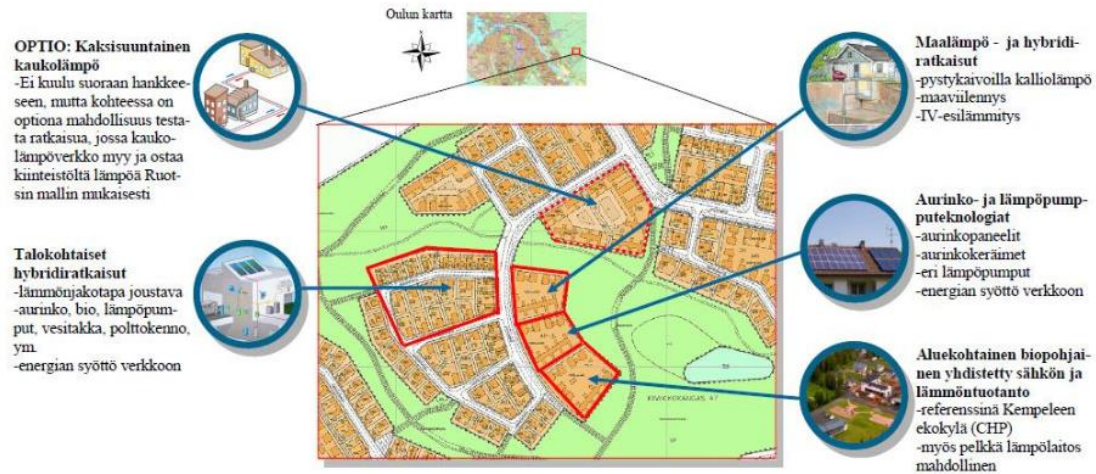




*KUVA 7. Minitalo (28)*

2000-luvun alussa monet kunnat pyrkivät rohkaisemaan omakotialojen rakentajia ekologisuuteen ja energiankulutuksen vähentämiseen tiedottamalla ja ohjaamalla matalaenergiarakentamiseen. Asteittain vapaaehtoisuus väistyi sitovien määräysten tieltä. Rakennusmääräyksiä on Suomessa päivitetty säännöllisesti ja jokaisella päivityskierroksella energiatehokkuuden vaatimuksia on lisätty. Vuoden 2018 alussa voimaan tulleet uudet asetukset asettavat perusvaatimustason aiempaa tiukemmaksi ja 2000-luvun alun matalaenergiataso on jo tämän päivän vakioratkaisu. (24.)

Energia- ja ekotehokkuus eivät ole enää vapaaehtoisuuteen perustuvia valintakysymyksiä, vaan yhä useammin edellytys rakentamiselle ja tontin saamiselle. Esimerkiksi Oulun Hiukkavaarassa kaavaan varattiin RESCAN pilottialue, jossa tontteja haluaville rakentajille asetettiin korkeat ympäristötavoitteet. Kuvassa 8 on esitetty pilottialueelle ehdotetut korttelit energiaratkaisuineen. Tiettyihin kortteleihin etsittiin rakentajiksi yhteistyökumppaneita, jotka sitoutuvat rakentamaan taloihinsa maalämpöjärjestelmiä, aurinkokeräimiä tai biopohjaista lämmöntuotantoa. Pilottialueen tavoitteena on rakentaa talot mahdollisimman vähän energiaa kuluttaviksi ja lisätä itse tuotetun energian hyödyntämistä. Hankkeessa kerätään tietoa käytetyistä ratkaisuista ja arvioidaan eri ratkaisujen kannattavuutta. (29.)



*KUVA 8. Hiukkavaaran RESCA-pilottialueen korttelit ja niille ehdotetut energiaratkaisut (29)*

## 5.2 Asuinkerrostalo

Kasvukeskuksissa ilmastotavoitteiden toteuttaminen perustuu tiivistyvään kaupunkirakenteeseen ja hyviin joukkoliikenneyhteyksiin. Kerrostaloasuminen on suurissa kaupungeissa luontainen asumisen tapa. Energiatohokkuuden parantaminen kerrostaloissa perustuu samoihin keinoihin kuin pientaloissakin. Riittävä vaipan eristys ja tiiveys sekä poistoilman lämmön talteenotto ovat riittäviä perustason ratkaisuja. (30.)

Kerrostalovaltaisten alueiden maankäyttö on pientaloalueita tehokkaampaa ja suurempi asukastiheys mahdollistaa joukkoliikenne- ja muiden palveluiden toteuttamisen pientaloalueita kannattavammin. Asuinkerrostalojen ekotehokkuutta pyritään yhä parantamaan muun muassa puurakentamista lisäämällä. (30.)

Puurakentamiskohteita on tällä hetkellä käynnissä paljon. Perinteisen betonirakenteisen kerrostalon hiilijalanjälki on noin 75 prosenttia suurempi kuin puurakentamiseksi (31). Puurakentamista rajoittaneita palomääräyksiä on lievennetty ja samalla on kehitetty uutta puurakentamisen tekniikkaa ja toteutusmuotoja. Lisäksi kuuden suurimman kaupungin kaupunginjohtajien ilmastoverkosto päätti 13.12.2017 yhteisellä sopimuksella lisätä puurakentamista (32).

Suomen suurimmat kaupungit tiivistävät keskusta-alueitaan ja uudet joukkoliikennereitit luovat uusia tiivistymisen alueita. Tiivistämisen ohella kaavoitetaan uusia alueita, joissa jo kaavoitusvaiheessa sitoudutaan tiettyihin ilmastotavoitteisiin ja kilpailutetaan tontteja käyttäen valintakriteerinä rakennettavien talojen ympäristöarvoja. (33, 34.)

Kehärata pääkaupunkiseudulla avaa otollisia uusia tiivistymisen alueita. Esimerkiksi Vantaan Kivistö oli ennen kehärataa harvaan asuttu pientalovaltainen alue. Kehäradan tulo aiheutti nopean, jopa rajun, kasvun alueella. Alueelle nousi runsaasti uusia kerrostaloja ja seuraavaan vaiheen kaavoitus on jo käynnissä. Kivistössä on parhaillaan käynnissä Puu-Kivistön asuinkortteleiden suunnittelu- ja tontinluovutuskilpailu. Kilpailun kautta etsitään toteuttajia kahdelle asemakaavoitettavalle korttelille, jotka sijaitsevat 500 metrin päässä kehäradan juna-asemalta. (34.)

Kilpailualue on nimetty puurakentamisen erityiskohteeksi, jossa tavoitteena on puurakentamisen lisääminen ja laadullinen kehittäminen yhteistyössä puualan toimijoiden kanssa. Puurakentamisen lisäksi Kivistössä tavoitteena on tarjota monipuolisia ja yhteisöllisiä asumisratkaisuja, vehreitä pihvoja, monimuotoista ja värikästä ympäristöä ”ekologisuutta arvostaville asukkaille”. (34.)

Asuinkerrostalojen ekotehokkuutta pyritään lisäämään myös keventämällä autopaikkoja koskevia vaatimuksia. Esimerkiksi Helsingin Jätkäsaarella entinen VVO, nykyinen Kojamo toteutti kerrostalon ilman ainoatakaan autopaikkaa. Hyvien joukkoliikenneyhteyksien varrella autoton elämäntapa on mahdollista. (35.)

Yhteistilojen rakentaminen on eräs tapa lisätä kerrostalon käyttöastetta ja ekotehokkuutta. Yhä harvempi uuden kerrostalon ostaja esimerkiksi haluaa asuntoonsa omaa saunaa. Kyse ei ehkä aina ole niinkään halusta kuin korkeiden neliöhintojen sanelema pakosta. Korkeat neliöhinnat ohjaavat asunnon ostajat tyytymään pienempiin asuntoihin. Tällöin asunnon ostajan on syytä harkita, kuinka haluaa asuinneliönsä käyttää. Oman saunan puuttuminen on korvattu yhteistiloja kehittämällä. Esimerkiksi Helsingin Kalastaman Redissä on useampia taloyhtiösaunoja, asukkaiden niin sanotut klubitilat ja kuntosali alakerrassa. Talossa on myös ylimääräisiä huoneita asukkaiden vieraiden vuokrattavaksi. (36.)

Uudenlaiset ratkaisut eivät rajoitu vain pääkaupunkiseudulle. Myös Oulun Lipporannassa jo osin toteutetussa neljän kerrostalon kokonaisuudessa on noin 500 neliometriä yhteistiloja. Lipporannan korttelista löytyy muun muassa asukkaiden käyttöön tarkoitettu kuntosali, kokous- ja aulatiloja, lasten ja nuorten leikki- ja pelitilat, vierashuone ja asukkaiden yhteinen olohuone. Asukkaiden käyttöön tarjotaan myös Lipporanta-polkupyöriä sekä yhteiskäyttöautoja. Kuvassa 9 on esitetty Lipporannan yhteistilojen pohjapiirros. (37.)

## LIPPORANNAN KRUUNU

### YHTEISTILAT SISÄTILAT

- 1 KUNTOSALI JA KUNTOLAITTEET
- 2 SEURUSTELUHUONE
- 3 AULAPALVELU
- 4 AULA
- 5 LOBBY
- 6 PIENI KOKOUSTILA
- 7 VIERASHUONE
- 8 OLOHUONE
- 9 SAUNATILAT
- 10 LEIKKITILA
- 11 PELITILA

### SISÄPIIHA

- 12 GRILLIPAIKKA
- 13 VIILJELAATIKOT
- 14 LEIKKIPAIKKA



KUVA 9. Lipporannan Kruunun yhteistilat (37)

Ekotehokkuuden lisääminen asuineliöistä tinkimällä on tullut mahdolliseksi, kun asunnon ostajien rakennusmääräysten laatijoiden sekä rakennusyritysten tahtotilat kohtaavat. Uudenlaisia tilaratkaisuja ei olisi mahdollista toteuttaa, mikäli asukkaista eivät ratkaisut miellyttäisi. Kun asunnon ostajat vaativat ekologisuutta ja palveluiden saavutettavuutta ilman yksityisautoilua, monet ennenkuulumattomat ratkaisut muuttuvat normaalikäytännöiksi.

### 5.3 Koulurakennus

Uuden opetussuunnitelman astuttua voimaan vuonna 2017 tuli koulurakennusten suunnittelun ohjeistukseen monia muutoksia. Modernit oppimisympäristöt asettavat uudenlaisia vaatimuksia ja haasteita tiloille. Oppilaiden on tarkoitus olla aktiivisemmassa roolissa ja opettajavetoisen opetuksen osuus samalla vähenee. Oppiminen tapahtuu perinteisten erillisten luokkahuoneiden sijasta noin 100 oppilaan moduuleissa osin avoimissa oppimisympäristöissä. Yksi uuden oppimisympäristön tavoite on tilojen käytön tehostaminen, koulussa ei ole käytävätiloja, vaan kaikki tilat ovat oppimisen käytössä. Periaate on myös ekologinen. Tilojen käyttöaste pyritään suunnittelemaan mahdollisimman suureksi, jolloin tilan tarve on aiempaa pienempi. (38.)

Aktiivinen ryhmätyöskentely ja osallistava oppiminen lisäävät muun muassa koulutilojen akustisia vaatimuksia. Koulurakennusten terveellisuutta ja turvallisuutta määrittävät rakennusmääräykset sekä opetushallituksen laatima tilojen käyttöä ja tilojen laatua koskeva ohjeistus. Rakennusmääräyksissä asetetaan vaatimustaso mm. rakennusmateriaaleille (M1 päästöluokka), sisäilman laadulle (S2: Hyvä sisäilmasto), rakenteiden ääneneristysarvolle, tilojen jälkikaiunta-ajalle, paloturvallisuudelle ja poistumisteille. Opetussuunnitelman tavoitteiden tueksi on tehty koulujen yleissuunnittelua koskeva ohjeistus (RT 96-10938 Koulurakennus, Yleissuunnittelu, lokakuu 2008). Ohje toimii lähtötietona koulusuunnittelussa tiilajille, suunnittelijoille ja myös käyttäjille. (39.)

Ohjekortin ja opetussuunnitelman tavoitteiden mukaan opiskeluympäristö suunnitellaan uteliaisuutta ja innostusta herättäväksi oppimisvälineeksi. Sen tulee opettaa lapsia kiinnittämään huomiota ympäristöön sekä kehittämään tunnetta ja tietoisuutta kuulumisesta siihen. Opiskeluympäristön tulee toimia mallina hyvästä, ergonomisesti oikein suunnitellusta työympäristöstä. (39.)

Yleissuunnitteluohjeessa otetaan kantaa myös koulurakennuksen ekologiseen kestävyys ja painotetaan elinkaariajattelua. Ohjeessa todetaan, että suuri osa ekologisista vaatimuksista täyttyy hyvää rakennustapaa noudattamalla. Rakennusosien tulee olla huollettavissa ja korjattavissa ja uusiutumattomat materiaalit tulisi pitää käytössä mahdollisimman pitkään. Koulurakennuksen tulisi tukea

opetuksen tavoitteita kestävä kehityksen suhteen ja lisätä käyttäjiensä ympäristötietoisuutta. (39, s. 6.)

Tilojen ja koko rakennuksen käyttötarkoituksen muunneltavuus on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Erityisesti kantavat rakenteet tulee suunnitella muunneltavuutta silmällä pitäen. Esimerkiksi suuren tuhannen lapsen yhtenäiskoulun tiloja pitää pystyä hyödyntämään muihin käyttötarkoituksiin, kun koulun lähialueen väestöjakauma muuttuu. Rakennuksen osien täytyy olla erotettavissa toisistaan, mikäli koulun yhteyteen halutaan sijoittaa muitakin toimintoja. (39, s. 5.)

Uusista kouluista suunnitellaan usein monitoimitaloja, jolloin rakennuksen käyttöaste ja rakennuksen tuottama lisäarvo saadaan korkealle tasolle. Koulun yhteyteen sopivat erityisen hyvin kirjasto ja nuorisotilat. Lisäksi rakennuksessa voi sijaita esimerkiksi terveystaloukset, alueen asukastupa tai konserttisali. Koulun tiloissa on perinteisestikin harrastettu liikuntaa ja järjestetty iltaopintoja. Esimerkiksi Oulun Kastellin monitoimitalossa toimii myös aikuislukio ja talossa on laadukkaalla esitystekniikalla varustettu sali, jota vuokrataan esimerkiksi kokous- ja koulutuskäyttöön. Kuvassa 10 on esitetty Kastellin monitoimitalon sisältämät tilat. Yhden katon alle sovitetaan siis aiempaa enemmän toimintoja. (40.)



KUVA 10. Kaavio eri toimintojen sijoittumisesta Kastellin monitoimitalossa (41)



KUVA 11. Kastellin monitoimitalon päiväkodin piha (40)

Moderni koulurakennus on energiatehokas ja tiloiltaan monikäyttöinen. Laadukas koulurakennus voi tuottaa opetuksen lisäksi hyvinvointia ja palveluita alueelle. Uuden tyyppinen koulurakennus on kustannustehokas korkeista

rakentamiskustannuksistaan huolimatta, mikäli käyttöaste saadaan pidettyä korkeana koko rakennuksen käyttöiän ajan. Ekotehokkuutta saavutetaan sillä, että uusi koulu on terveellisempi ja toimivampi ja monikäyttöisempi kuin perinteinen koulurakennus. Mikäli monikäyttöinen koulurakennus pystyy tuottamaan perinteistä koulua enemmän lisäarvoa ja hyvinvointia lähiympäristöönsä suhteessa kuluttamiinsa luonnonvaroihin, on paremman ekotehokkuuden tavoite saavutettu.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä luotiin katsaus rakennusten ja asuinalueiden ekotehokkuuteen ja niihin liittyviin keskeisimpiin käsitteisiin. Rakennuksen ekotehokkuuden tarkastelu ulottuu energiatehokkuuden lisäksi terveellisyyteen, turvallisuuteen ja esimerkiksi liikenneratkaisuihin. Opinnäytetyössä perehdyttiin kansainvälisiin ekotehokkuuden mittaus- ja sertifiointimenetelmiin BREEAMiin ja LEEDiin. Lisäksi luotiin katsaus siihen, millaisin ratkaisuin ilmastotavoitteita ja ekotehokkuutta toteutetaan muun muassa pientalon, asuinkerrostalon ja koulurakennuksen osalta. Tämän työn avulla voi tutustua ekotehokkuuden mittaus- ja sertifiointimenetelmiin.

Ilmastonmuutoksen torjunnan asettamia ekotehokkuuden vaatimuksia toteutetaan rakennusallalla parantamalla energiatehokkuutta yksittäisten rakennusten osalta. Eristepaksuuden lisääminen, rakenteiden tiiveys ja poistoilman lämmön talteenotto ovat olleet viime vuosikymmenten käytetyimmät keinot energiatehokkuuden parantamisessa. Kuitenkin materiaalien käytön lisääminen aiheuttaa osaltaan energiankulutuksen ja päästöjen kasvua rakennustarvikkeiden, kuten eristeiden, tuotannossa. Yksittäisten rakennusten energiatehokkuuden parantaminen entisestään ei ole tietyn tason saavuttamisen jälkeen kustannustehokasta. Taloudellisesti ja ekologisesti tarkasteltuna voimaan astuu niin sanottu vähenevän tuoton laki. Lisäpanostukset energiatehokkuuteen tuottavat yhä pienenevää hyötyä.

Työssä todettiin, että ekotehokkuuden parantamisessa on siirrytty tarkastelemaan yksittäistä rakennusta suurempia kokonaisuuksia ja rakennuksen käyttöön liittyvää inhimillistä toimintaa. Kokonaisia asuinalueita suunnitellaan ekotehokkaiksi ja suunnittelussa huomioidaan muun muassa rakennusten käyttäjien liikennöntarpeet ja palveluiden saavutettavuus. Maankäyttöä pyritään tehostamaan muun muassa rakentamalla yhä korkeammalle ja suosimalla vanhojen teollisuusalueiden uusiokäyttöä. Rakentamaton luonnontilainen maa-alue on ekotehokkaampi kuin paraskaan energiatehokas rakennus. Rakentamisen tiivistäminen, tonttialojen ja asuinhuoneistojen pinta-alojen pienentäminen yhdessä vähentävät maankäyttöä. Huoneistoalan pienenemistä kompensoidaan yhteisillä tiloilla.

Kun tarkastellaan yksittäistä rakennusta laajempia kokonaisuuksia ekotehokkuuden osalta, suunnittelussa huomioitavien näkökohtien määrä kasvaa ja arviointi monimutkaistuu. Työssä todettiin, että kansainväliset ekotehokkuuden mittarit, kuten BREEAM ja LEED, helpottavat arviointia ja ratkaisujen vertailua. Kyseisiä ekotehokkuuden arviointimenetelmiä voi käyttää suunnittelun apuvälineinä, vaikkei tavoittelisi sertifikaattia. Menetelmien dokumentaatio on avoimesti saatavissa ja hyödynnettävissä. Vuosien tutkimuksen ja kehitystyön johdosta kansainväliset menetelmät helpottavat kokonaisvaltaista ekotehokkuuden arviointia. Tunnetuissa arviointimenetelmissä pitäytyminen mahdollistaa arviointien tulosten vertailun ja asettamisen paremmuusjärjestykseen. Olemassa olevan menetelmän ja pisteytystaulukon käyttö helpottaa selkeän ekotehokkuuden tavoitetason asettamista jo suunnitteluvaiheessa.

## LÄHTEET

1. Ekotehokkuus. 2015. Luonnonsuojeluliitto. Saatavissa: <https://www.sll.fi/mita-me-teemme/kohtuutalous/ekotehokkuus>. Hakupäivä 20.12.2017.
2. Mitä on kestävä kehitys. Ympäristöministeriö. 2013. Saatavissa: [http://www.ymp.fi/fi-fi/ymparisto/kestava\\_kehitys/mita\\_on\\_kestava\\_kehitys](http://www.ymp.fi/fi-fi/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kestava_kehitys). Hakupäivä 28.5.2018.
3. Eco-efficiency. OECD. 1998. Saatavissa: [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/eco-efficiency\\_9789264040304-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/eco-efficiency_9789264040304-en). Hakupäivä 15.6.2017.
4. Häkkinen, Tarja – Huovila, Pekka – Tattari, Kai 1999. Rakentamisen ja rakennusten ekotehokkuus.
5. Rakennusten ympäristöluokitukset. Green Building Council Finland. Saatavissa: <http://figbc.fi/tietopankki/ymparistoluokitukset/>. Hakupäivä 10.9.2017.
6. Vares, Sirje 2001. Kerrostalon ympäristövaikutukset, LVIS-2001-tyyppikerrostalo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 2108.
7. Rakennuksen tietomalli. 2017. Wikipedia. Saatavissa: [https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen\\_tietomalli](https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen_tietomalli). Hakupäivä 25.5.2018.
8. Ympäristöseloste EPD. Rakennustietosäätiö RTS sr. Saatavissa: <http://epd.rts.fi/fi>. Hakupäivä 25.5.2018.
9. Lahti, Pekka - Nieminen, Jyri - Nikkanen, Antti - Nummelin, Johanna - Lylykangas, Kimmo - Vaattovaara, Mari - Kortteinen, Matti - Ratvio, Rami - Yousofi, Saara 2010. Riihimäen Peltosaari - Lähiön ekotehokas uudistaminen.
10. Paroc Innova. 2012. Paroc. Saatavissa: [www.paroc.fi/~media/Files/Brochures/Finland/Paroc-Innova-FI.ashx](http://www.paroc.fi/~media/Files/Brochures/Finland/Paroc-Innova-FI.ashx). Hakupäivä 3.9.2017.
11. Saturnuksenkatu 2 ennen saneerausta. Rakentaja.fi. Saatavissa: [https://www.rakentaja.fi/tv/e1772saturnuksenkatu\\_ennen\\_saneerausta.aspx?](https://www.rakentaja.fi/tv/e1772saturnuksenkatu_ennen_saneerausta.aspx?). Hakupäivä 12.9.2017.

12. Uusiutuva energia ja energiatehokkuus lähiympäristössäsi. Saatavissa: <http://www.repowermap.org/buildings/647723302/fi/Energiatehokas-rakennus-Saturnuksenkatu-2,-Riihim%C3%A4ki>. Hakupäivä 15.5.2018.
13. BRE Global Limited 2016. BREEAM International New Construction 2016.
14. BREEAM Projects. BRE Global. Saatavissa: <https://tools.breeam.com/projects/>. Hakupäivä 27.8.2017.
15. Leed v4. U.S. Green Building Council. 2017. Saatavissa: <https://new.usgbc.org/leed-v4>. Hakupäivä 28.8.2017.
16. U.S. Green Building Council. 2018. LEED v4 for Building Design and Construction. Saatavissa: [https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC\\_04.6.18\\_current.pdf](https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC_04.6.18_current.pdf). Hakupäivä 6.4.2018.
17. U.S. Green Building Council. 2017. Saatavissa: <https://new.usgbc.org/credentials#ga>. Hakupäivä 15.8.2017.
18. U.S. Green Building Council. 2017. Saatavissa: <https://new.usgbc.org/credentials#ap>. Hakupäivä 15.8.2017.
19. Cast Stone and LEED v4 Design Tips - Technical Bulletin #53. Cast Stone Institute. 2014. Saatavissa: <http://www.caststone.org/bulletins/53.html>. Hakupäivä 24.5.2018.
20. 17 critical—and misunderstood—LEED terms. Leeduser. 2014. Saatavissa: <https://leeduser.buildinggreen.com/blog/17-critical-and-misunderstood-leed-terms>. Hakupäivä 2.9.2017.
21. LEED Projects. U.S. Green Building Council. Saatavissa: <https://www.usgbc.org/projects/>. Hakupäivä 10.12.2017.
22. Green Building Council Finland. Saatavissa: <http://figbc.fi/>. Hakupäivä 15.7.2017.
23. Leonardo Energy. 2015. Should MEPS be set significantly above the minimum LCC point? Saatavissa: <https://help.leonardo-energy.org/hc/en->

- [us/articles/203274121-Should-MEPS-be-set-significantly-above-the-minimum-LCC-point-](https://www.finlex.fi/lex/fi/laki/alkup/2017/20171010). Hakupäivä 16.9 .2017.
24. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. 2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>. Hakupäivä 4.1.2018.
25. Hänninen, Pekka 2014. Ekologisesti kestävä pientaloasuminen. 13 pientalon vertailu. Ympäristöministeriön raportteja 20/2014.
26. Townhouse-rakentaminen Helsingissä. 2012. Helsingin kaupunki Kaupunkisuunnitteluvirasto.
27. <https://yle.fi/uutiset/3-9838262>. 2017.
28. Klemetz, Maria 2016. Minitalo. Saatavissa: <https://www.minihouse.fi/puu>. Hakupäivä 2.4.2018
29. Kallioniemi, Leena 2014. HIUKKAVAARA – Kestävä pohjoinen talvikaupunki. Saatavissa: [https://www.ouka.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=e87e79c1-523e-4fe2-b5b4-2887b7b17193&groupId=139863](https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=e87e79c1-523e-4fe2-b5b4-2887b7b17193&groupId=139863). Hakupäivä 2.1.2018.
30. Lahti, Pekka - Nieminen, Jyri – Virtanen, Markku 2008. Ekotehokkuuden arviointi ja lisääminen Helsingissä.
31. Nykänen, Esa et al. 2017. Puurakentaminen Euroopassa.
32. Helsingin kaupunki 2017. Kuuden suurimman kaupungin johtajat päättivät kahdesta uudesta ilmastoteosta. Saatavissa: <https://www.hel.fi/uutiset/fi/kaupunginkanslia/kuuden-suurimman-kaupungin-johtajat-paattivat-kahdesta-uu-desta-ilmastoteosta?pd=v>. Hakupäivä 25.5.2018.
33. Loikkanen, Heikki A – Laakso, Seppo 2016. Tiivistävä kaupunkikehitys.
34. Vantaan kaupunki. Puu-Kivistön aloituskortteleiden suunnittelu- ja tontinluovutuskilpailu. Saatavissa: [http://www.vantaa.fi/asuminen\\_ja\\_ymparisto/kaavoitus\\_ja\\_maankaytto/suuralueet\\_ja\\_kaupunginosat/kivisto/puu-kiviston\\_suunnittelu-ja\\_tontinluovutuskilpailu](http://www.vantaa.fi/asuminen_ja_ymparisto/kaavoitus_ja_maankaytto/suuralueet_ja_kaupunginosat/kivisto/puu-kiviston_suunnittelu-ja_tontinluovutuskilpailu). Hakupäivä 28.5.2018.

35. VVO 2014. Studiomaisia asuntoja ja autottomuutta Jätkäsaareen. Saatavissa: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/studiomaisia-asuntoja-ja-autottomuutta-jatka-saareen?publisherId=1646&releasId=9593225>. Hakupäivä 13.2.2018.
36. SRV. Ole kuin kotonasi REDIn yhteistiloissa. Saatavissa: <http://www.redi.fi/kotona-redin-yhteistiloissa/>. Hakupäivä 15.3.2018.
37. Rakennusteho Oy. Lipporanta. Saatavissa: <https://www.lipporanta.fi/faktat/>. Hakupäivä 2.4.2018.
38. Opetushallitus. Opetussuunnitelman ydinasiat. Saatavissa: [https://www.oph.fi/koulutus\\_ ja\\_tutkinnot/perusopetus/opetussuunnitelma\\_ ja\\_tuntijako/perusopetus\\_nyt](https://www.oph.fi/koulutus_ ja_tutkinnot/perusopetus/opetussuunnitelma_ ja_tuntijako/perusopetus_nyt). Hakupäivä 13.11.2017.
39. RT 96-10938. 2008. Koulurakennus, Yleissuunnittelu. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10938>. Hakupäivä 13.11.2017.
40. Oulun kaupunki. Kastellin monitoimitalo. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/kastellin-monitoimitalo/etusivu>. Hakupäivä 10.2.2018.
41. Oulun yliopiston LUMA-keskus. Kastellin monitoimitalon kartat. Saatavissa: <https://ouluma.fi/maol-oulu-seutu-ry/syyskoulutuspaivat-1-2-10-2016-ou-lussa/kastellin-monitoimitalon-kartat/>. Hakupäivä 10.2.2018.