



Ympäristöluokitukset osana tietomallipohjaista rakennussuunnittelua

Mikko Viitama

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2020

Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

VIITAMA, MIKKO:

Ympäristöluokitukset osana tietomallipohjaista rakennussuunnittelua

Opinnäytetyö 41 sivua
Joulukuu 2020

Opinnäytetyö käsittelee Suomessa ja kansainvälisesti käytössä olevia rakennusten ympäristöluokituksia. Työn tarkoituksena on ollut perehtyä eri ympäristöluokitusjärjestelmiin, vertailla niitä ja pohtia niiden merkitystä rakennussuunnittelijalle sekä tuottaa tilaajalle tietoa luokituksista. Työssä ympäristöluokitusten painoalueisiin, sisältöihin ja eroavaisuuksiin perehdytään yleisellä tasolla.

Asiaa pohjustetaan käsittelemällä ekologisen rakentamisen nykytilaa, tulevaisuutta sekä periaatteita, minkä jälkeen pohditaan, miten ympäristöluokitukset vastaavat ympäristötavoitteiden asettamiin haasteisiin arkkitehtuurin näkökulmasta.

Tietomallintaminen on edelleen yleistyvää, mutta jo valtavirtaistunut suunnittelu-metodi ja -työkalu. Opinnäytetyössä pohditaan lisäksi, kuinka tietomallintamista voidaan hyödyntää ympäristöluokituksen saavuttamisessa ja millaisia tietoteknisiä ratkaisuja on jo saatavilla tukemaan ympäristöluokitusprosessia.

Lisäksi työssä on haastateltu asiantuntijoita työelämätarpeiden sekä käytännön kokemuksen kartoittamiseksi.

Selvitystyössä havaittiin, että eri ympäristöluokitukset ovat sisällöltään pääsääntöisesti melko samankaltaisia. Tietomallin hyödyntämisestä osana ympäristöluokituksia on olemassa jo kaupallisia ratkaisuja, mutta etenkin elinkaaren hiilijalanjäljen laskennassa tietomallia on mahdollista hyödyntää myös ilman maksullisia lisäosia. Tämä kuitenkin voi edellyttää aloituspohjan ja mallinnuskäytäntöjen kehittämistä.

Työn tilaaja on AFRY Finland Oy.

Asiasanat: ympäristöluokitus, ympäristösertifikaatti, rakennuksen tietomalli, rakennussuunnittelu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Architecture

VIITAMA, MIKKO:

Environmental Certificates as Part of Building Information Model Based Architectural Design

Bachelor's thesis 41 pages
December 2020

This bachelor's thesis addresses environmental certificates used in Finland and internationally. The aim of this thesis is to get acquainted with different kind of environmental certificates, compare them and consider their influence on building design. The contents, weightings and differences of these certificates are considered superficially.

The topic is grounded by presenting the current state, future and principles of ecological construction. Then these are reflected upon how environmental certificates addresses these environmental issues from the point of architecture.

Building information modelling is still growing despite being mainstream design principle. In this thesis it is further considered how building information modelling can be utilised in attaining green building certificates and what kind of applications already exist.

In addition, specialists were interviewed in effort to gather information about working life demand and hands-on experience.

It was found in this study, that environmental certificates are by principle quite similar in content. Commercial applications for utilising building information modelling in green building certification exist but building information model can be used notably in life cycle assessment without chargeable plugins. However, this may require development of the project template and modelling practices.

This thesis is ordered by AFRY Finland Oy.

Key words: environmental certification, building information modelling, building design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	EKOLOGINEN RAKENTAMINEN.....	8
	2.1 Rakennuksen elinkaari.....	9
	2.2 Kiertotalous	10
	2.3 Materiaalivalinnat	10
	2.4 Ympäristötuoteseloste.....	11
	2.5 Energiatehokkuus	12
3	YMPÄRISTÖLUOKITUKSET	13
	3.1 Kustannukset	15
	3.2 Eri ympäristöluokitusjärjestelmät.....	16
	3.2.1 BREEAM	16
	3.2.2 DGNB	19
	3.2.3 LEED	20
	3.2.4 RTS-ympäristöluokitus	22
	3.2.5 Joutsenmerkki	24
	3.2.6 WELL.....	25
4	RAKENNUKSEN TIETOMALLI.....	29
	4.1 Tietomalli.....	29
	4.2 Talo 2000	30
	4.3 IFC	30
	4.4 Suunnitteluohjelmistot	30
	4.4.1 Graphisoft ArchiCAD	31
	4.4.2 Autodesk Revit	32
	4.4.3 Muut ohjelmistot	33
	4.4.4 One Click LCA.....	33
	4.4.5 Dirroots	34
5	TIETOMALLI JA SERTIFIKAATIT.....	35
	5.1 Huonekortti.....	35
	5.2 Energialaskenta	35
	5.3 Elinkaarilaskenta	36
6	POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	39

LYHENTEET JA TERMIT

Ympäristöluokitus tai -sertifikaatti	Kolmannen osapuolen myöntämä luokitus rakennuksen ympäristötehokkuudesta
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method, Building Research Establishmentin tarkastama ja myöntämä brittiläinen ympäristöluokitus
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design, U.S. Green Building Councilin tarkastama ja myöntämä yhdysvaltalainen ympäristöluokitus
RTS-ympäristöluokitus	Suomalainen Rakennustietosäätiön ympäristöluokitus, jota käyttää muun muassa Senaatti-kiinteistöt ja Suomen Yliopistokiinteistöt Oy
WELL	Yhdysvaltalainen rakennuksen käyttäjän hyvinvointiin keskittyvä ympäristöluokitus
Hiilijalanjälki	Jonkin tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttama ilmastokuorma, eli tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikaiset kasvihuonepäästöt. Toisinaan kokonaispäästöjen sijaan hiilijalanjälki viittaa yksinomaan hiilidioksidipäästöihin
M1-emissioluokitus	Kriteeristö asettaa raja-arvoja materiaalien haihtuville orgaanisille yhdisteille (VOC), formaldehydille, ammoniakkipäästöille sekä havaittavalle hajulle
Kuivaketju10	Toimintamalli, joka pyrkii ehkäisemään kosteusvaurioiden syntymisen rakentamisen vaiheissa

Viherkerroin

Työkalu, jolla määritetään tonttikohtainen vihertehokkuus jakamalla laskennallinen viherpinta-ala tontin alalla

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutosta pidetään aikamme suurimpana kriisinä, jonka uhka on globaali.

Kansainvälinen yhteisö on herännyt tähän ongelmaan ja haluaa rajoittaa ilmaston lämpenemistä (Ympäristöhallinto, 2016). Vuonna 2015 Yhdistyneet kansakunnat sopivat Pariisin ilmastosopimuksen, jonka tavoitteena on rajata ilmaston lämpeneminen 1,5 asteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan. (YK 2015)

Osana EU:ta Suomi on sitoutunut Kioton pöytäkirjaan, jossa EU-maat sitoutuvat vähentämään vuoden 1990 vertailutasosta päästöjään 20% (Ympäristöministeriö). Kansallisesti ilmastotavoitetta tukee keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma vuoteen 2030.

Ilmastonmuutosta ei voi enää perua, mutta sitä voidaan hillitä. Se on mahdollista, jos kasvihuonekaasujen pitoisuus ei enää kasva ilmakehässä. Tämä vaatii energian säästämistä, energiatehokkuutta, uusiutuvia energiamuotoja, hiilinieluja ja kestäväää luonnonvarojen käyttöä. Teknologian kehitys on avainasemassa, ja sillä voidaan ilmastotoimien lisäksi saavuttaa esimerkiksi kustannussäästöjä ja terveyshyötyjä. (Ympäristöhallinto 2016)

Kiinteistö- ja rakennusalan vaikutus asetettujen ympäristötavoitteiden toteutumiseen on merkittävä. Suomessa rakennusten osuus energiankulutuksesta on 32 % ja hiilidioksidipäästöistä 30 % (RIL, 2019). Kansainvälisesti energiankulutuksen osuus on 40 %, kasvihuonepäästöjen osuus 35 % ja raaka-aineiden osuus 50 % kaikesta resurssien käytöstä globaalisti. Tämän lisäksi rakennusala aiheuttaa kolmanneksen maailman jätteestä. (AFRY Finland Oy 2020)

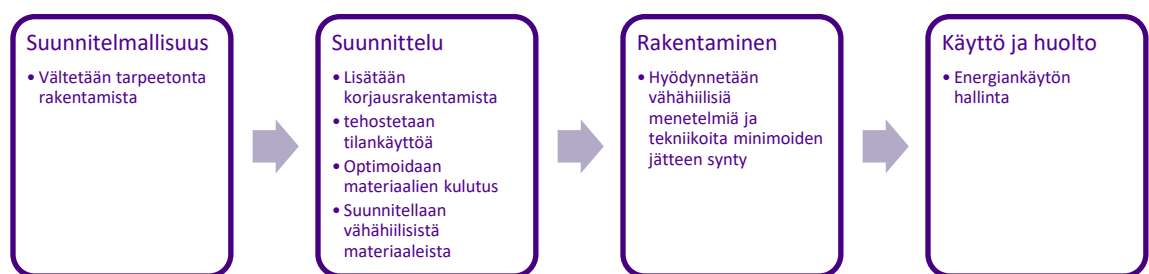
Kestävälle rakentamiselle on siis tarvetta. Tätä tarvetta vastaamaan on kehitetty muun muassa erilaisia ympäristöluokituksia. Ympäristöluokitukset tai -sertifikaatit ovat rakennushankkeelle riippumattomien osapuolten lanseeraamia laatujärjestelmiä, joiden tavoitteena on vertailukelpoisesti todentaa kiinteistöjen ympäristöystävällisyyttä, energiatehokkuutta ja toiminnallista laatua.

2 EKOLOGINEN RAKENTAMINEN

Ekologisella rakentamisella tarkoitetaan rakentamista, joka rasitus ympäristölle on mahdollisimman vähäinen. Ekologisuutta on alettu huomioimaan rakentamisessa yhä enemmän. Ekologisen rakentamisen rinnalla käytetään termiä kestävä rakentaminen. Kestävä rakentaminen on käytännössä sama asia kuin ekologinen rakentaminen. Ekologisessa rakentamisessa korostuu ympäristöystävällisen rakentamisen ekologinen ulottuvuus ja kestävässä rakentamisessa korostuu kestävä kehityksen mukaisuus. (FinnBuild 2016)

Energiataloudellisuus, kestävyys ja ympäristön monimuotoisuuden säilyttäminen ovat keskeisiä tavoitteita ekologisessa rakentamisessa. Energiaa ja luonnonvaroja pyritään säästämään käyttö- ja rakennusvaiheessa. Puu on yleinen materiaali ekologisessa rakentamisessa, sillä se on helposti saatavilla ja uusiutuva. Toisaalta esimerkiksi sijainnin tulisi olla sellainen, ettei käyttäjä ole riippuvainen autosta. (FinnBuild 2016)

On kuitenkin hyvä huomioida, että ekologinen tai kestävä rakentaminen eivät välttämättä tarkoita oikeastaan mitään, sillä termejä ei ole suojattu, eikä niiden sisällöstä ole yhtä yhteistä käsitystä, ja termejä voidaan näin käyttää markkinointimielessä.



Kuvio 1. Päästövähennyspotentiaali rakentamisen eri vaiheissa (AFRY Finland Oy 2020)

Suunnittelijan on hyvä huomioida, että suunnitteluvaiheessa mahdollisuus vaikuttaa hankkeen ympäristöystävällisyyteen on kaikkein suurin. (AFRY Finland Oy 2020)

2.1 Rakennuksen elinkaari

Rakentamisen kestävyyttä voidaan tarkastella elinkaaren avulla. Rakennuksen elinkaari käsittää rakentamisen tuotteiden raaka-aineista aina itse rakennuksen purkuun käytön päätyttyä.



Kuvio 2. Rakennuksen elinkaari ja sen vaiheet (Vares 2013)

Rakennuksen elinkaari jaotellaan standardin EN 15978 mukaisesti tuote-, rakentamis-, käyttö- ja purkuvaiheeseen.

Elinkaaren käyttövaiheessa muodostuvat hiilipäästöt ovat merkittävä osa rakennuksen elinkaarenaikaisista hiilipäästöistä. Rakentamisvaiheen osuus on melko vähäinen, vain noin 10 %, mutta tuote- ja rakentamisvaihe yhdessä aiheuttavat elinkaareissa hiilipiikin. Tulevaisuudessa tuote- ja rakentamisvaiheen hiilipiikin osuus tulee kuitenkin nousemaan, mikäli näiden vaiheiden hiilijalanjälkeä ei vähennetä. Tämä johtuu siitä, että energiankulutuksen väheneminen ja resurssitehokkuus tulevat vähentämään käyttövaiheen hiilijalanjälkeä, jolloin rakentamis- ja tuotevaiheen päästöjen suhteellinen osuus kasvaa. Tuote ja rakentamisvaiheen hiilijalanjälkeä voidaan kuitenkin vähentää esimerkiksi materiaalivalintojen avulla. (Viitala 2020)

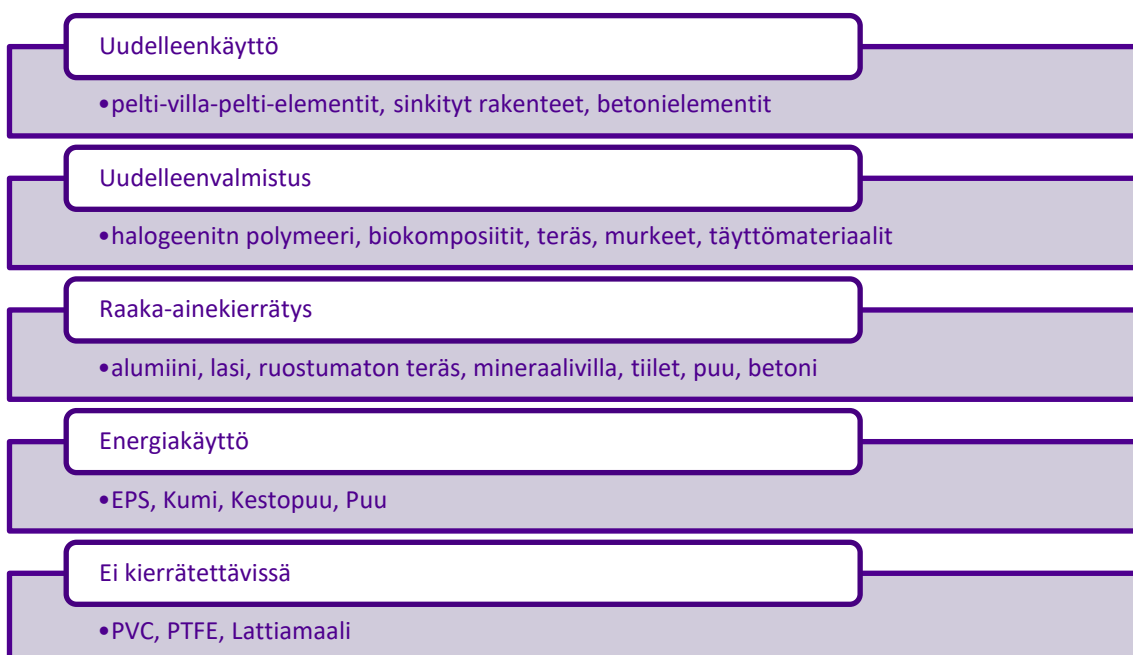
2.2 Kiertotalous

Taloudellinen toimintatapa pohjautuu lineaariseen ajatteluun, jossa otetaan käyttöön rajallisia resursseja kiinnittämättä riittävästi huomiota haitallisiin ympäristövaikutuksiin. Kiertotaloudessa kehitetään toimintatapoja, joissa arvoa luodaan ilman vastaavaa riippuvaisuutta rajallisista resursseista. Tämä tarkoittaa tuotteiden ja materiaalien käytössä pitämistä mahdollisimman pitkään uudelleenkäytöllä ja kierrättämällä. Todellisuudessa tulevaisuus ei ole täysin syklinen, eikä nykytila täysin lineaarinen, mutta parannettavaa on, sillä vuonna 2019 alle 9 % maailmanlaajuisesti käytetyistä resursseista ohjattiin takaisin biologiseen tai tekniseen kiertoon. (AFRY Finland Oy 2020)

Kiertotalouden mukaisissa ratkaisuissa rakentamisen rooli on tärkeä, sillä rakennusala on materiaali- ja energiaintensiivinen. Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvää jätettä ja näin ympäristölle koituvaa haittaa voidaan vähentää kiertotalouden avulla. Samalla myös elinkaaren aikaisia kustannuksia on mahdollista vähentää. (AFRY Finland Oy 2020)

2.3 Materiaalivalinnat

Materiaalit muodostavat 15 % rakennetun ympäristön hiilijalanjäljestä. Tämän lisäksi rakennusmateriaalien osuus koko Suomen hiilijalanjäljestä on 5 %. (Gaia Consulting Oy, 2020) Materiaalivalinnoissa tulisi suosia terveellisiä, turvallisia, haitta-aineettomia sekä kierrätyskelpoisia materiaaleja (AFRY Finland Oy 2020).



Kuvio 3. Esimerkkejä materiaalien kierrätettävyydestä (AFRY Finland Oy 2020)

Rakentamisella voidaan saada aikaan hiilikädenjälkeä käyttämällä materiaaleja, kuten puuta, joka toimii hiilivarastona. Hiilikädenjälkenä voidaan pitää myös teräsrakenteiden suunnittelua purettavaksi ja uudelleen käytettäväksi tai hiilen sitomista sementtipohjaisiin tuotteisiin, jotka karbonatisoituvat. (Gaia Consulting Oy 2020)

2.4 Ympäristötuoteseloste

EPD, Environmental Product Declaration, eli ympäristötuoteseloste on ISO 14025 ja EN 15804 -standardeihin pohjautuva dokumentti, jossa esitetään elinkaarianalyysiin perustuen tietoa rakennustuotteen ympäristövaikutuksista. Ympäristövaikutusten osalta tarkastellaan esimerkiksi hiilijalanjälkeä, happamoittamis- ja rehevöittämispotentiaalia sekä vaikutusta otsonikerrokseen.

Rakennustuotevalmistaja verifioi tuotteensa ulkopuolisessa taholla, joka tekee standardin mukaan ympäristöselosteen. Eurooppalaisia ympäristöselosterekisterejä ovat muiden muassa ruotsalainen The International EPD System ja saksalainen IBU. Suomessa Rakennustietosäätiö ylläpitää RTS EPD ympäristöselostejärjestelmää. Yleisten EU:n standardien lisäksi eri rekistereillä voi olla omia tuoteryhmäsääntöjä. (Rantanen 2020)

Tarkemmin tuotetiedon ympäristövaikutuksia kuvaavat parametrit ovat: potentiaalinen vaikutus ilmaston lämpenemiseen (GWP), potentiaalinen vaikutus otsonikatoon (ODP), potentiaalinen vaikutus happamoitumiseen (AP), fotokemiallisen oksidanttien muodostumisen vaikutus, (POCP) ja potentiaalinen vaikutus rehevöitymiseen (EP). (Vares 2013)

Edellä mainittujen indikaattorien lisäksi tunnetaan myös hiilijalanjälki sekä vedenjalanjälki termejä, jotka ovat viime aikoina olleet yhä enenevässä määrin käytössä niin tuote, energia kun rakennuksien arvioissa. (Vares 2013)

2.5 Energiatehokkuus

Rakennuksen käyttövaihe muodostaa suurimman osan rakennuksen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä (Danish Transport and Construction Agency 2016). Energiatehokkuuteen tulee siis kiinnittää erityistä huomiota ekologisessa rakentamisessa.

Rakennuksen lämmitys ja jäähdytys muodostavat suurimman osan rakennuksen käyttövaiheen energiantarpeesta. Käyttövaiheen energia muodostaa jopa 76 prosenttia rakennetun ympäristön kokonaishiilijalanjäljestä. Tämän vuoksi esimerkiksi energiaterhokkuuden lisääminen korjausrakentamisen yhteydessä tarjoaa paljon säästöpotentiaalia päästövähennyksissä. Näin voidaan saavuttaa lisäksi myös kustannussäästöjä. (Gaia Consulting Oy 2020)

3 YMPÄRISTÖLUOKITUKSET

Luvussa tutustutaan erilaisiin ympäristöluokituksiin ja niiden erityispiirteisiin. Ympäristöluokitukset ovat kolmannen, riippumattoman, osapuolen myöntämiä luokituksia rakennuksen ympäristötehokkuudesta. Luokitukset sisältävät useita arvioitavia kriteerejä esimerkiksi rakennuksen teknisistä järjestelmistä, energia- tehokkuudesta, elinkaaren hiilijalanjäljestä, materiaaleista ja sijainnista.

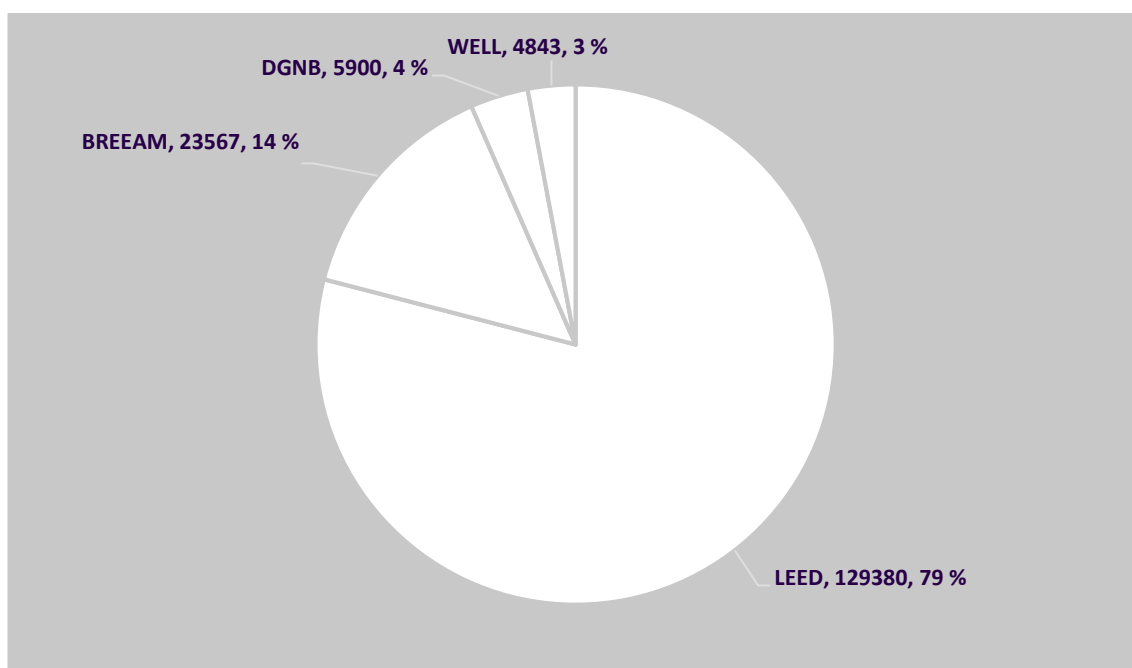
Ensimmäiset rakennusten ympäristöluokitukset tulivat 1990-luvulla.

Markkinoilla on useita ympäristöluokitusjärjestelmiä, jotka eroavat toisistaan lähtömaan ja painotuksien osalta. Ehkä tunnetuimmat luokitukset ovat yhdysvaltalainen LEED ja isobritannialainen BREEAM.

Rakennusten ympäristöluokitukset eroavat toisistaan etenkin lähtömaan osalta. Monissa maissa paikalliset Green Building Councilit ovat lanseeranneet omia luokitusjärjestelmiään, joista on myös kehitetty kansainväliset variantit. Näin on esimerkiksi Yhdysvalloissa, Isossa-Britanniassa ja Saksassa. Tämän lisäksi sertifikaateilla saattaa olla erilaisia painotuksia. Esimerkiksi WELL-sertifikaatti painottaa ihmisten hyvinvointia. Joutsenmerkki on pohjoismainen ympäristömerkki, jolla on ympäristökriteerit myös joillekin rakennustyypeille. Varsinaisten ympäriluokitusten lisäksi on olemassa vastaavia kriteeristöjä, kuten Terve Talo -kriteerit, joiden tarkoituksena on taata hyvä sisäilmasto.

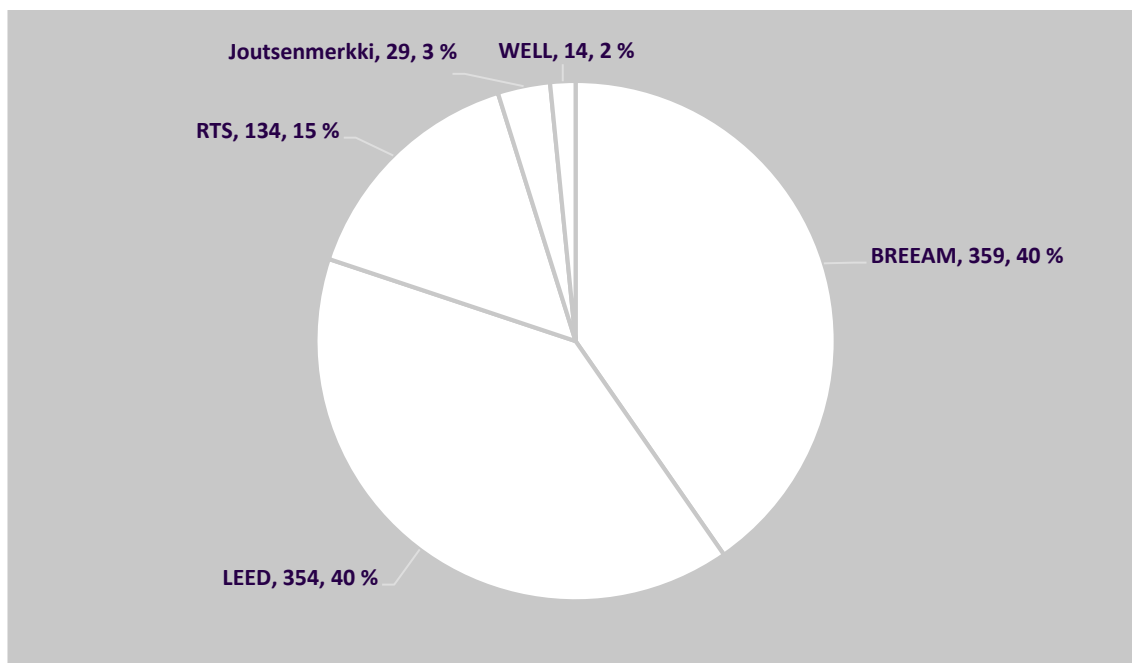
Globalisaatio luo tarvetta kansainvälisesti vertailukelpoisille tavoille mitata rakennusten ympäristöystävällisyyttä. Tästä syystä myös Suomessa rakennushankkeille ja kiinteistöille on alettu hakea yhä enemmän kansainvälisiä ympäristöluokituksia, etenkin BREEAMia ja LEEDiä.

Vertailtavuuden mahdollistamiseksi tässä luvussa käsitellään luokitusjärjestelmien pisteytystä toimistorakennuksille silloin, kun järjestelmä soveltuu toimistorakennukselle.



Kuvio 4. Ympäristöluokitukset kansainvälisesti (Building Research Establishment Ltd 2020) (U.S. Green Building Council 2020) (International WELL Building Institute 2020) (Ecolabelled Buildings) (DGNB GmbH 2020)

Kuviosta havaitaan, että kansainvälisesti LEED on laajimmalle levinnyt ympäristöluokitus. Maailmalla on käytössä lisäksi lukuisia muita ympäristöluokituksia, ja on hyvä huomioida, ettei kuviossa ole tarkasteltu näistä kaikkia.



Kuvio 5. Ympäristöluokitukset Suomessa (Building Research Establishment Ltd 2020) (U.S. Green Building Council 2020) (International WELL Building Institute 2020) (Ecolabelled Buildings)

Suomessa on sekä LEED että BREEAM ovat tällä hetkellä suunnilleen yhtä yleisiä. RTS-ympäristöluokiteltuja kohteita on jo yli 100 kappaletta. Joutsenmerkki ja WELL eivät ole ainakaan vielä yleistyneet Suomessa ja niiden osuus vertailuista kohteista on yhteensä vain 5 % joillain kymmenillä kohteilla.

3.1 Kustannukset

Hankkeen ympäristöluokitus edellyttää lisätyötä hankkeen suunnittelijoilta ja urakoitsijoilta, koska luokitusvaatimusten todentaminen vaatii projektilta lisälaskentaa ja dokumentointia. (Green Building Council Finland 2018)

Suomessa lisäkustannus on yleensä vähäinen rakentamisen korkean perustason ansiosta. Kansainvälisesti taso on 2-6 % luokkaa. 10 000 neliön uudisrakennukselle LEED-luokitusmaksu on noin 8 000 dollaria, BREEAM noin 7 500 puntaa, RTS-luokitusmaksu noin 8 000 euroa ja Joutsenmerkki noin 43 000 euroa. (Green Building Council Finland 2018)

Yrityksen sitoutuminen ympäristötavoitteisiin ja kestävän kehityksen periaatteisiin sekä vastuullisen brändin rakentaminen voivat kuitenkin tuoda kilpailuetua yritykselle.

3.2 Eri ympäristöluokitusjärjestelmät

3.2.1 BREEAM

BREEAM, Building Research Establishment Environmental Assessment Method, on Building Research Establishmentin tarkastama ja myöntämä ympäristöluokitus. (Green Building Council Finland 2018)

Building Research Establishment tarjoaa BREEAM erillisen standardin uudiskohteille, korjauskohteille, aluesuunnitelmille, infrastruktuurihankkeille ja rakennusten käytönaikaisille luokituksille. Nämä standardit ovat BREEAM New Building, Refurbishment & Fit-out, Communities, Infrastructure ja In-Use. Standardeista on maakohtaisia variantteja joillekin Euroopan maille kuten Saksalle, Isolle-Britannialle ja Ruotsille, mutta Suomessa käytetään tällä hetkellä kansainvälistä standardia. (Building Research Establishment Ltd 2020)

BREEAM Assessor eli luokitushankkeen laaduntarkastaja on pakollinen osa hankkeessa, jossa luokitusta haetaan. Todistusaineisto pisteytystä varten voidaan tuottaa myös suomeksi, jos käytetään BREEAM:n käännöspalvelua. (Green Building Council Finland 2018)

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan uudiskohteita koskevaan kansainväliseen standardiin, jonka uusin versio on BREEAM International New Construction 2016.

Taulukko 1. Pistepainotus osa-alueittain BREEAM International New Construction 2016 mukaan muulle kuin asuinrakennukselle (BRE Global Ltd 2017)

Hallinta	Terveys ja hyvinvointi	Energia	Liikenne	Vesi	Materiaalit	Jäte	Maankäyttö ja ympäristö	Saasteet	Innovaatio (lisäpisteet)
11 %	19 %	20 %	6 %	7 %	13 %	6 %	8 %	10 %	+10%

Taulukon 1 mukaisesti suurimmat painoarvot arvioinnissa osa-alueista annetaan terveydelle ja hyvinvoinnille, energiatehokkuudelle sekä materiaaleille. Innovaatiopisteet ovat pisteitä, joita voidaan myöntää, kun ylitetään luokituksessa määritelty enimmäistaso jollakin luokituksen osa-alueella.

Taulukko 2. BREEAM arvosanat ja niihin vaadittava painotettu pisteosuus BREEAM International New Construction 2016 mukaan (BRE Global Ltd 2017)

Unclassified	Pass	Good	Very Good	Excellent	Outstanding
<30 %	≥30 %	≥45 %	≥55 %	≥70 %	≥85 %

Luokitellut kohteet jaetaan viiteen arvosanoihin Pass, Good, Very Good, Excellent ja Outstanding. Taulukossa 2 on esitetty kunkin arvosanan edellyttämä painotettu pistemäärä.

On tärkeää määritellä aikaisessa vaiheessa, mitä luokituksen arvosanaa hankkeessa tavoitellaan, sillä eri tasoille on asetettu toisistaan poikkeavia kynnysehtoja. Heikoimmalle arvosanalle Pass ehtoja on kaksi: kansallisten ohjeiden ja hyvän rakentamistavan noudattaminen legionella-bakteerin ehkäisemiseksi vesijärjestelmissä sekä laillisesti kaadetun ja kaupatun puutavaran käyttö (BRE Global Ltd 2017).

BREEAM:n hallintaosiossa tarkastellaan hankekatsausta ja suunnittelua, elinkaarikustannusta ja huoltosuunnitelmaa, vastuullista rakentamista, käyttöönottoa ja luovutusta sekä jälkihuoltoa. (BRE Global Ltd 2017)

Terveysten ja hyvinvoinnin osalta BREEAM tarkastelee visuaalista viihtyvyyttä, sisäilman laatua, laboratorioturvallisuutta, lämpöviihtyvyyttä, akustiikkaa, esteettömyyttä, vaaroja, yksityistä tilaa ja vedenlaatua. Visuaalisessa viihtyvyydessä huomioidaan häikäisyn estäminen, päivänvalokerroin, näkymät, valaistusvoimakkuus sekä käyttäjän mahdollisuus hallita valaistusta alueittain. Vaaroilla tarkoitetaan riskianalyysiä luonnonkatastrofien varalta. Akustiikan osalta tarkastellaan ääneneristystä, sisätilan taustamelua sekä jälkikaiunta-aikaa. Yksityinen tila on rakennuksen käyttäjien saatavissa oleva ulkotila, jonka katsotaan edistävän hyvinvointia. (BRE Global Ltd 2017)

Materiaaliosiossa tarkastellaan rakennusmateriaalin elinkaaren vaikutuksia, materiaalien vastuullista hankintaa, materiaalitehokkuutta sekä suunnitelman kestävyyttä ja sietokykyä, joilla tarkoitetaan sekä materiaalien säänkestoa että materiaalivalintoja, joilla vältetään rakennuksen liikennetilojen kulumaa. Näistä painotetaan erityisesti elinkaaritarkastelua ja vastuullisuutta. (BRE Global Ltd 2017)

Jäteosuudessa tarkastellaan rakennusjätteiden hallintaa, kierrätetty runkoaineen osuutta betonissa ja asvaltissa, käytönaikaista jätteen kierrätyksestä, käyttäjän hyväksymiä pintamateriaaleja, ilmastonmuutokseen sopeutumista sekä toiminnallista muuntojoustavuutta. (BRE Global Ltd 2017)

Maankäyttö ja ympäristö -osiossa tontin valinnassa tulee välttää luonnonvaraisen ympäristön käyttöä ja valita sen sijaan saastunut tontti tai suosia täydennysrakentamista. Ympäristöselvityksen teettämisestä palkitaan, jotta käytetyn alueen rajallisesta luontoarvosta voidaan varmistua. Myös tontin luontoarvojen parantamista ja pitkän aikavälinvaikutusta biodiversiteettiin voidaan tarkastella pisteiden saavuttamiseksi. (BRE Global Ltd 2017)

Saaste-osiossa tarkastellaan kylmäaineiden eristystä ilmakehästä, typen oksidien päästöjä, hulevesien hallintaa, yöajan valosaasteita sekä melusaasteita. (BRE Global Ltd 2017)

Energiaosuudessa tarkastellaan energiankäytön ja hiilipäästöjen vähentämistä, energiakulutuksen seuranta, ulkovalaistusta, matalahiilistä suunnittelua, energiatehokasta kylmäsäilytystä, energiatehokasta kuljetusta, energiatehokkaita laboratoriolaitteita, energiatehokkaita välineitä ja kuivaustiloja. (BRE Global Ltd 2017)

Liikenneosiossa liikenneyhteyksiä mitataan liikenteen saavutettavuusindeksin avulla. Indeksit tulevat laskea BRE:n toimittamalla Accessibility Index (AI) taulukkolaskentatyökalulla. Huomiota kiinnitetään paitsi julkisen liikenteen määrään myös palvelujen etäisyyteen rakennuskohteesta. Tämän lisäksi pisteitä voi saada kehittämällä kevyttä liikennettä, neuvottelemalla lisää julkisen liikenteen vuoroja paikallisen liikenneyhtiön kanssa, tarjoamalla sähköauton latauspisteitä, yhteiskäyttöautoja tai tarjoamalla BRE:n standardin mukaisia pyöräsäilytys- ja henkilöstötiloja. (BRE Global Ltd 2017)

3.2.2 DGNB

DGNB System on saksalaisen German Green Building Councilin kehittämä ympäristöluokitus. DGNB tarjoaa luokituksestaan myös kansainvälisen version, joka on DGNB System Version 2020 International, jota on pyritty mukauttamaan alueellisiin olosuhteisiin. Saksan markkinoilla DGNB System on johtava ympäristöluokitusjärjestelmä yli 80 prosentin osuudellaan uudiskohteissa (DGNB GmbH 2020)

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty DGNB ympäristöluokituksen osa-alueiden pistepainotus ja järjestelmän arvosanat.

Taulukko 3. DGNB Systemin pistepainotus osa-alueittain (DGNB GmbH 2020)

Ympäristö	Talous	Sosiaalinen ja toiminnallinen laatu	Tekninen laatu	Prosessin laatu	Sijainti
22,5 %	22,5 %	22,5 %	15 %	12,5 %	5 %

Taulukko 4. DGNB Systemin arvosanat ja niihin vaadittava painotettu pisteosuus (DGNB GmbH 2020)

Ei luokitusta	Bronze	Silver	Gold	Platinum
<35 %	≥35 %	≥50 %	≥65 %	≥80 %

Ympäristöosion tarkasteltavia asioita ovat elinkaaren hiilijalanjälki, ympäristövai-
kutukset, kestävä materiaalien valinta, vedenkäytön tehokkuus, maankäyttö
sekä luonnon monimuotoisuus. (DGNB GmbH 2020)

Talousoviossa tarkastellaan elinkaarikustannusta, muunneltavuutta sekä talou-
dellista toteuttamiskelpoisuutta. (DGNB GmbH 2020)

Sosiaalisen ja toiminnallisen laadun osiossa tarkastellaan lämpöviihtyvyyttä, si-
säilman laatua, akustiikkaa, käyttäjän hallintaa, sisä- ja ulkotilojen laatua sekä
turvallisuutta. (DGNB GmbH 2020)

Teknisen laadun osiossa tarkastellaan paloturvallisuutta, ääneneristystä, raken-
nusvaipan laatua, talotekniikkaa, siivottavuutta, kierrätettävyyttä, päästörajoituk-
sia ja infran liikkuvuutta. (DGNB GmbH 2020)

Prosessiosiossa tarkastellaan suunnittelun laatua ja rakentamisen laadunvar-
mistusta. Sijainnissa huomioidaan paikallinen ympäristö, vaikutus alueeseen,
liikenteen saavutettavuus ja palvelujen saavutettavuus. (DGNB GmbH 2020)

3.2.3 LEED

Leadership in Energy and Environmental Design on U.S. Green Building Coun-
cilin tarkastama ja myöntämä sertifikaatti. Useat LEED:n vaatimukset perustu-
vat yhdysvaltalaisiin käytäntöihin. (Green Building Council Finland 2018). Luoki-
tuksessa viitataan American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditi-
oning Engineersin eli ASHRAE-yhdistyksen ohjeiden vaatimuksiin, jotka ovat sa-
moja kaikkialla maailmassa riippumatta paikallisista olosuhteista. (Green
Building Council Finland 2018)

LEED-hanke ei edellytä erillistä ympäristökonsulttia, mutta LEED AP:n (Accredited Professional) käytöstä on hyötyä pisteytyksessä. Erillinen luokituskonsultti on mukana pääosassa hankkeita. Todistusaineisto pisteytystä varten tulee kääntää englanniksi soveltuvin osin. (Green Building Council Finland 2018)

Tässä opinnäytetyössä käsitellään LEED v.4.1 BD+C järjestelmää. BD+C, eli Building Design and Construction, on rakennuksen suunnittelu ja rakentaminen.

Taulukko 5. LEED v4.1 BD+C New Constructionin pistepainotus eri osa-alueiden mukaan (U.S. Green Building Council 2019)

Prosessi	Sijainti ja liikenne	Kestävät sijainnit	Vesi	Energia ja ilmakehä	Materiaalit ja luonnonvarat	Sisäympäristön laatu	Innovaatio	Alueellinen tavoite
1 p	16 p	10 p	11 p	33 p	13 p	16 p	6 p	4 p

Taulukko 6. LEED v4.1 BD+C New Constructionin arvosanaan vaadittava pistemäärä (U.S. Green Building Council 2019)

Ei luokitusta	Certified	Silver	Gold	Platinum
<40 p	≥40 p	≥50 p	≥60 p	≥80 p

Tämän lisäksi LEED:ssä esitetään osa-aluekohtaisia vähimmäispistevaatimuksia.

LEEDin sijainti ja liikenne -osiossa järjestelmässä palkitaan herkkien alueiden suojelemisesta, täydennysrakentamisesta, lähiympäristön tiivyydestä ja monipuolisuudesta, julkisen liikenteen yhteyksistä, pyöräsäilytyksestä, pysäköinnin vähentämisestä ja sähköisten kulkuneuvojen käytöstä. (U.S. Green Building Council 2019)

Kestävät sijainnit -osion tarkasteltavia aiheita ovat rakentamisaikaiset saasteet, ympäristöselvitys, luonnonalueiden suojeleminen, avoin tila, hulevesien hallinta,

lämpösaarekkeiden vähentäminen ja valosaasteen vähentäminen. (U.S. Green Building Council 2019)

Vesi-osiossa tarkastellaan veden käytön vähentämistä ulko- ja sisätiloissa, jäähdytystornin vedenkäyttöä ja vedenkulutuksen seuranta. (U.S. Green Building Council 2019)

Energian ja ilmakehän osiossa tarkasteltavia asioita ovat varustelutason määrittely, vähimmäisvaatimukset energiatehokkuudelle, energiakulutuksen seuranta, jäähdytysaineiden hallinta, energiatehokkuuden optimointi, kehittynyt energiankulutuksen seuranta, verkon yhtenäistäminen, ja uusiutuvan energian käyttö. (U.S. Green Building Council 2019)

LEEDin Materiaalit ja luonnonvarat-osioon sisältyy jätteiden kierrätys, rakennusvaiheen jätteiden kierrätys ja sen suunnittelu, PBT-aineet, rakennuksen elinkaarren aikaiset vaikutukset, EPD ympäristötuoteselosteet, raaka-aineiden alkuperä ja materiaalien ainesosat. (U.S. Green Building Council 2019)

Sisäympäristön laadun osa-alueita LEED-järjestelmässä ovat ilmanlaatu, tupakansavun hallinta, joka on minimiehto, akustinen laatu, matalapäästöiset materiaalit, näkymät, luonnonvalo, sisävalaistus sekä lämpöviihtyvyys. (U.S. Green Building Council, 2019) Lämpöviihtyvyydellä tarkoitetaan ihmisten tyytyväisyyttä ympäristön lämpötilaan.

3.2.4 RTS-ympäristöluokitus

RTS-ympäristöluokitus on perustettu 2017. RTS-ympäristöluokitus perustuu eurooppalaiseen CEN/TC 350 standardeihin. Luokituksessa hyödynnetään Rakennustietosäätiön muita kansallisia käytäntöjä kuten Sisäilmaluokitusta, M1-emisio luokitusta, Kuivaketju10:tä sekä Viherkerrointa. (Green Building Council Finland 2018)

RTS-ympäristöluokitus käsittää erilliset standardit toimitila- ja peruskorjauskoh-
teille sekä asuinrakennuksille. RTS-ympäristöluokitus ei edellytä erillistä ympä-
ristöluokituskonsulttia, mutta hankkeessa voidaan käyttää RT-ympäristökonsult-
tia. (Green Building Council Finland 2018)

Rakennustietosäätiön ympäristöluokitusta käyttävät etenkin julkiset toimijat ku-
ten muun muassa Senaatti-kiinteistöt ja Suomen Yliopistokiinteistöt Oy. (Back
2020)

Taulukko 7. RTS-ympäristöluokituksen pistepainotus osa-alueittain vuoden
2018 arviointikriteeristön mukaan toimitila- ja palvelurakennuksille
(Rakennustietosäätiö RTS sr 2020)

Prosessi	Talous	Ympäristö ja energia	Sisäilma ja terveellisyys	Innovaatiot
23	12	35	30	10

Taulukko 8. RTS-ympäristöluokituksen arvosanaan vaadittava pistemäärä
(Rakennustietosäätiö RTS sr 2020)

Ei luokitusta	*	**	***	****	*****
<25 p	≥25 p	≥40 p	≥55 p	≥70 p	≥85 p

Prosessiosiossa pisteitä saa hankkeenohjauksesta, kosteudenhallinnasta ja
työmaan ohjauksesta. (Rakennustietosäätiö RTS sr 2020)

Talouden osalta tarkastellaan elinkaarikustannuksia sekä ylläpitoa, johon kuu-
luu kulutuskestävyys, huollettavuus sekä muuntojoustavuus.

(Rakennustietosäätiö RTS sr 2020)

Ympäristö ja energia -kategoriassa tarkastellaan elinkaaren hiilijalanjälkeä, ma-
teriaalitehokkuutta, e-lukua, kulutusmittauksia, tavoitekulutusten laskentaa,
energiajärjestelmien tehokkuutta, vedenkäytön tehokkuutta, viherrakentamista,
hulevesiä, turvallisuutta ja pyöräilyä. (Rakennustietosäätiö RTS sr 2020)

Sisäilma ja terveellisyys -osiossa huomioidaan seuraavat asiat: lämpöolosuh-
teet, sisäilma, käyttäjän vaikutusmahdollisuudet ja materiaalien emissiot. Visu-

aalista viihtyvyyttä arvioidaan luonnonvalon ja valaistuksen laadun kautta. Akustiikasta huomioidaan tila-akustiikka sekä ääneneristys. (Rakennustietosäätiö RTS sr 2020)

3.2.5 Joutsenmerkki

Joutsenmerkki on Pohjoismaisen ministerineuvoston perustama. Tällä hetkellä Joutsenmerkki kattaa rakentamisen osalta pien- ja kerrostalot, koulut sekä päiväkodit, eikä Joutsenmerkkiä näin voi hakea toimistorakennukselle.

(Ympäristömerkintä Suomi Oy 2020)

Joutsenmerkki ei edellytä ympäristökonsultin käyttöä ja luokitusmaksu käsittää tarkastuskäynnit hankkeen aikana (Green Building Council Finland 2018). Tällä hetkellä Joutsenmerkkiluokiteltuja rakennuksia on huomattavasti enemmän Ruotsissa kuin Suomessa. (Ecolabelled Buildings)

Taulukko 9. Joutsenmerkin myöntämisen edellyttämät pistemäärät kokonaispisteistä kohdetyypeittäin (Ympäristömerkintä Suomi Oy 2020)

Kerrostalot	Pientalot	Päiväkoti- ja koulurakennukset
16/44p	15/42p	14/39p

Joutsenmerkki sisältää useita pakollisia vaatimuksia, joiden lisäksi on erilliset pistevaatimukset, jotka on esitetty yllä Taulukko 9. Pakolliset vaatimukset koskevat resurssitehokkuutta, sisäilmaa, kemiallisia tuotteita ja rakennusmateriaaleja, rakennusprosessin laadunvarmistusta, laatu- ja viranomaisvaatimuksia sekä asukkaita ja isännöitsijöitä koskevia ohjeita. (Ympäristömerkintä Suomi Oy 2020)

Rakennusmateriaalien osalta kielletään esimerkiksi muoviset pintamateriaalit, muut kuin puupohjaiset rakennuslevyt, nanopartikkelit ja antibakteeriset lisäaineet, kierrättämättömästä metallista valmistetut ovet ja painekyllästetyn puun käyttö. (Ympäristömerkintä Suomi Oy 2020)

Varsinaisia pisteitä voi saada esimerkiksi paikallisesta energianlähteistä ja energian talteenotosta kuten aurinkokeräimistä ja -kennoista sekä jäteveden lämmöntalteenotosta, energiatehokkaista kodinkoneista ja saniteettikalusteista, pienemmän ilmastokuormituksen sementistä ja betonista, puurakenteista, ympäristömerkityistä rakennustuotteista (Joutsenmerkki ja EU-ympäristömerkki), kierrätetyistä ja uusiokäytetyistä materiaaleista sekä rakennusjätteen kierrätyksestä. (Ympäristömerkintä Suomi Oy 2020)

3.2.6 WELL

Yhdysvaltalainen WELL poikkeaa muista ympäristöluokituksista siten, että luokituksessa keskitytään ihmisen hyvinvointiin. Ihmiset viettävät yli 90 % ajastaan sisätiloissa, joten sisätilojen laadun vaikutus käyttäjän hyvinvointiin on merkittävä. Luokitus korostaa pohjautuvansa tieteellisesti tutkittuun tietoon ja jokaista tarkasteltavaa asiaa tukemaan onkin listattu useita aihetta käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. (International WELL Building Institute, 2020)

Taulukko 10. WELL v2 vähimmäisehdot (International WELL Building Institute 2020)

Ilma	Vesi	Ravinto	Valaistus	Liikunta	Lämpöviihtyvyys	Ääni	Materiaalit	Mieli	Yhteisö	Innovaatiot
4	3	2	2	2	1	1	3	2	4	0

Taulukko 11. WELL v2 lisäpisteet (International WELL Building Institute 2020)

Ilma	Vesi	Ravinto	Valaistus	Liikunta	Lämpöviihtyvyys	Ääni	Materiaalit	Mieli	Yhteisö	Innovaatiot
10	6	12	7	9	8	7	9	9	14	5

Taulukko 12. WELL v2 ympäristöluokituksen arvosanaan vaadittava pistemäärä (International WELL Building Institute 2020)

Ei luokitusta	WELL Bronze	WELL Silver	WELL Gold	WELL Platinum
<40p	≥40p	≥50p	≥60p	≥80p

Taulukoissa Taulukko 10, Taulukko 11 ja Taulukko 12 on esitetty WELL v2 -ympäristöluokituksen vähimmäiskriteerien lukumäärä osa-alueittain, lisäpisteet osa-alueittain sekä WELL v2 arvosanaan vaadittava pistemäärä.

Ilmaosiossa vähimmäisehtoja asetetaan ilmanlaadun osalta sisäilman pienhiukkasille, VOC-yhdisteille, hiilimonoksidille ja otsonia sekä radonille. Sähkötupakkaa ei saa käyttää sisätiloissa, eikä tupakointia saa sallia rakennuksen lähetyvillä. Ilmastoinnin tulee olla riittävä. Rakentamisen saasteita tulee hallita.

(International WELL Building Institute 2020)

Lisäpisteitä saa esimerkiksi parannetusta ilmanlaadusta ja ilmastoinnista, käyttäjän avattavissa olevista ikkunoista, ilmanlaadun tarkkailusta, ulkoilman epäpuhtauksien pääsyn estämisestä sisätilaan, palamisen päästöjen vähentämisestä ja mikrobien ehkäisemisestä. (International WELL Building Institute 2020)

Vesiosiossa enimmäisehtoja asetetaan sameudelle ja kolibakteeripitoisuudelle. Juomavedelle on tarkempia ehtoja kemiallisten ja orgaanisten yhdisteiden sekä legionaalaisbakteerin enimmäismäärälle. Lisäpisteitä saa vielä miniehtoa tiukemmista vaatimuksista vedelle ja vedenlaadun seurannasta. (International WELL Building Institute 2020)

Ravinto-osiossa hedelmien ja kasveja tulee olla saatavilla, jos rakennuksessa tarjoillaan ruokaa. Ravintoarvot ja allergeenit tulee ilmoittaa. Lisäpisteitä saa esimerkiksi sokerien rajoittamisesta ja täysjyvätuotteiden edistämisestä, terveellisten vaihtoehtojen ilmoittamisesta, lisäaineiden välttämisestä, kohtuullisista annoskoista, ravintotietämyksen lisäämisestä, yhteisruokailun edistämisestä, paikallisten tuotteiden tarjoilusta, punaisen ja prosessoidun lihan rajoittamisesta sekä erityisruokavalioiden tarjoamisesta. (International WELL Building Institute 2020)

Sisävalaistuksen valaistusvoimakkuudelle ja standardinmukaisuudelle annetaan vähimmäisehdot. Lisäpisteitä voi saada valoteholtaan ja lämpötilaltaan vuorokausirytmien mukaisella valaistuksella (eng. circadian lighting), häikäisynestosta, luonnonvalon hyödyntämisestä, päivänvalosimulaatiosta, valaistuksen tasapainoisuudesta, värinnoistosta ja valaistuksen välkymättömyydestä (eng. flickering) sekä käyttäjän mahdollisuudesta vaikuttaa valaistukseen. (International WELL Building Institute 2020)

Liikuntaosiossa on vähimmäisehto muun muassa ergonomiselle työpisteelle. Näkyvistä ja viihtyisistä portaikoista, pyöräverkon läheisyydestä, pyörävarastoista ja -telineistä, suihkullisista henkilöstötiloista, jalankulkuystävällisistä pihoista ja kaduista, julkisen liikenteen yhteyksistä, liikuntamahdollisuuksista, aktiivisista työpisteistä (esimerkiksi seisomatyöpiste tai juoksumattotyöpiste), käyttäjälle ilmaisesta kuntosalista ja läheisestä ulkoliikuntapaikasta sekä tarjota kannustimia liikuntaan, aktiivisuusrannekkeita ja työfysioterapiaa. (International WELL Building Institute 2020)

Lämpöviihtyvyyden standardinmukaisuudelle asetetaan vähimmäisehto. Lisäpisteitä voi saada kyselyllä lämpöviihtyvyydestä, alueittaisella lämpötilan säädöllä, tarjoamalla henkilökohtaisia lämmitys ja jäähdytysratkaisuja, säteilevillä lämmönlähteillä, lämpöviihtyvyyden seurannalla, ilmankosteuden hallinnalla, moniasetuksellisilla avattavilla ikkunoilla ja ulkotilojen lämpöolosuhteiden hallinnalla esimerkiksi varjostimin ja tuulensuojin. (International WELL Building Institute 2020)

Ääniosuhteiden osalta minimiehto on tehdä akustinen suunnitelma ja esittää käyttäjille hiljaisten, sekakäyttöisten ja meluisten alueiden pohjakartta rakennuksesta. Lisäpisteitä saa esimerkiksi standardoitujen enimmäismelutasojen käytöstä, ääneneristyksestä, jälkikauinta-ajan hallinnasta, ääntä absorboivista pinnoista ja vastamelujärjestelmän käytöstä. (International WELL Building Institute 2020)

Materiaaliosiossa vähimmäisehtona on rajoittaa asbestin, elohopean

ja lyijyn käyttöä sekä ehkäistä näille ja PCB- ja arseeniyhdisteille altistumista. Pilaantuneiden maa-alueiden arvioinnilla ja hallinnalla, materiaaleissa käytettyjen kemikaalien välttämällä, VOC-yhdisteiden rajoituksella, materiaalityöntekijöiden läpinäkyvyydellä, jätteiden hallinnalla, ei-myrkyllisellä tuhoainetuhoajien torjunnalla, tehostetulla siivoamisella ja turvallisilla siivousaineilla ja patogeenikontaktien vähentämällä voi saada lisäpisteitä. (International WELL Building Institute 2020)

Vähimmäisehtona Mieli-osiossa on edistää mielenterveyttä tukiohjelmilla ja käytännöillä, tarjota luontoyhteys veden, kasvien tai näkymien avulla ja tarjota kulttuuria tai taidetta. Lisäpisteitä voi saada esimerkiksi tarjoamalla mielenterveysseulontaa, mielenterveyspalveluita, mielenterveyskoulutusta, stressinhallintasuunnitelma ja lepo huone. (International WELL Building Institute 2020)

Yhteisöosiossa vähimmäisvaatimuksena on terveyden ja hyvinvoinnin edistäminen WELL-oppaiden saatavuudella, osallistava suunnittelu, huoltovarmuus suunnitelma sekä käyttäjäkysely. Esimerkiksi kattavammalla käyttäjäkyselyllä, terveydenhuollon tarjoamisella, vanhempainvapailta, esteettömyydellä, yhteistyöllä sekä tasa-arvolla ja inklusiivisuudella voi saada lisäpisteitä. (International WELL Building Institute 2020)

Innovaatiopisteitä voi saada muun muuassa käyttämällä WELL-asiantuntijaa (Accredited Professional), järjestämällä WELL-kierroksia, ehdottamalla WELL kehityskohteita tai suorittamalla toisen ympäristöluokituksen kuten BREEAMin tai LEEDin. (International WELL Building Institute 2020)

WELL-luokituksen havaitaan ohjaavan etenkin rakennuksen käyttöä, mutta tilasuunnittelussa luokituksen kannalta huomioitavia asioita ovat esimerkiksi liikuntatilat, jos sellaisia ei ole tarjota lähetyviltä, porrashuoneet, henkilöstötilat, pyöräsäilytys sekä lepo- tai vetäytymishuone. Muita huomioitavia asioita ovat työpisteiden kalustus, materiaalityöntekijöiden ja luontoyhteyden luominen.

4 RAKENNUKSEN TIETOMALLI

Tässä luvussa perehdytään rakennuksen tietomallintamiseen ja sen käytäntöihin.

4.1 Tietomalli

Rakennuksen tietomalli eli Building Information Model (BIM) on suunnittelun työkalu, jossa kolmiulotteiseen geometriaan on liitetty tunniste- ja ominaisuustietoja. Tietomalleja voidaan hyödyntää myös rakennustuotannossa ja osavalmistuksessa. Mallista kuitenkin tuotetaan edelleen perinteiset piirustukset, jotka ovat sitovia suunnitteludokumentteja. (Vares 2013)

Rakennustietosäätiön julkaisussa *Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012* on käsitelty tietomallintamisen tavoitteita sekä esitetty yleisiä mallinnusperiaatteita. YTV2012:n vaatimukset ovat kuitenkin sopimuksenvaraisia, joten ne sitovat suunnittelua vain, jos hankkeen osapuolet ovat niin sopineet.

Tämän lisäksi monilla tilaajilla ja rakennuttajilla on omia tietomallistandardeja. Esimerkiksi monilla kaupungeilla ja suurilla rakennusyhtiöillä kuten Skanskalla ja YIT:llä on omat tietomalliohjeensa.

Tietomallin tavoitteena on tukea suunnittelun ja rakentamisen laatua ja tehokkuutta. Tietomalleja voidaan hyödyntää paitsi suunnittelussa myös rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tietomalli mahdollistaa erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen kustannusten, laajuuksien, energiankäytön, ympäristövaikutusten ja elinkaarien vertailun. Tiedonsiirtoa ja laadunvarmistusta voidaan myös tehostaa tietomallilla. (Henttinen 2012)

Arkkitehdin tietomalli toimii pohjana muiden suunnittelualojen tietomallinnuksille sekä erilaisille simuloinneille, joten arkkitehtimallin olisi tärkeää olla toteutettu oikein. (Henttinen 2012)

Kun suunnitelmat tuotetaan 3D-mallina voidaan ristiriitoja eri suunnitelmien välillä havaita helpommin jo suunnitteluvaiheessa, ja ristiriidat voidaan etsiä koneellisesti. (Immonen 2019)

Tällä hetkellä on käynnissä YTV2020 Yleisten tietomallivaatimusten jatkokehitys. Tarkoituksena on vertailla ja kartoittaa olemassa olevia nimikkeistöjä ja yhtenäistää YTV-järjestelmää kansainvälisiin nimikkeistöihin. (Henttinen)

4.2 Talon 2000

Talon 2000 on Suomessa käytössä oleva rakennusalan kansallinen nimikkeistöjärjestelmä. Järjestelmän tarkoituksena on yhtenäistää käytäntöjä ja helpottaa tiedonvaihtoa eri osapuolten välillä. (Rakennustietosäätiö 2020)

Talon 2000 hankenimikkeistössä rakennusosat jaotellaan alue-, talo- ja tilaosiin. Tavoitteena mallinnukselle nimikkeistön mukaan on saada aikaan mallinnuksen ohessa määräluettelomuotoista tietoa, joka on mahdollista syöttää suoraan erilaisiin kustannuslaskentajärjestelmiin. (Rakennustietosäätiö)

Tämän lisäksi Ympäristöministeriön Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalussa hyödynnetään Talon 2000 -hankenimikkeistön mukaisia talo-osia, joten nimikkeistöä voi hyödyntää sellaisenaan rakennuksen hiilijalanjälkeä laskiessa. (Kuittinen 2019)

4.3 IFC

Industry Foundation Class, IFC, on avoin ja kansainvälisesti standardoitu tiedostoformaatti tietomallintamiseen. Sitä ylläpitää BuildingSMART, jonka tavoite on aikaansaada yhteinen tiedostomuoto, jota erilaiset ohjelmistot voivat tuottaa ja lukea. Vapaan tiedonsiirron ja avoimuuden tavoitteena on se, ettei suunnittelijan tarvitse eri ohjelmien välillä mallintaa uudelleen, vaan tiedot olisivat yhteensopivia eri suunnitteluohjelmien välillä. (Immonen 2019)

4.4 Suunnitteluohjelmistot

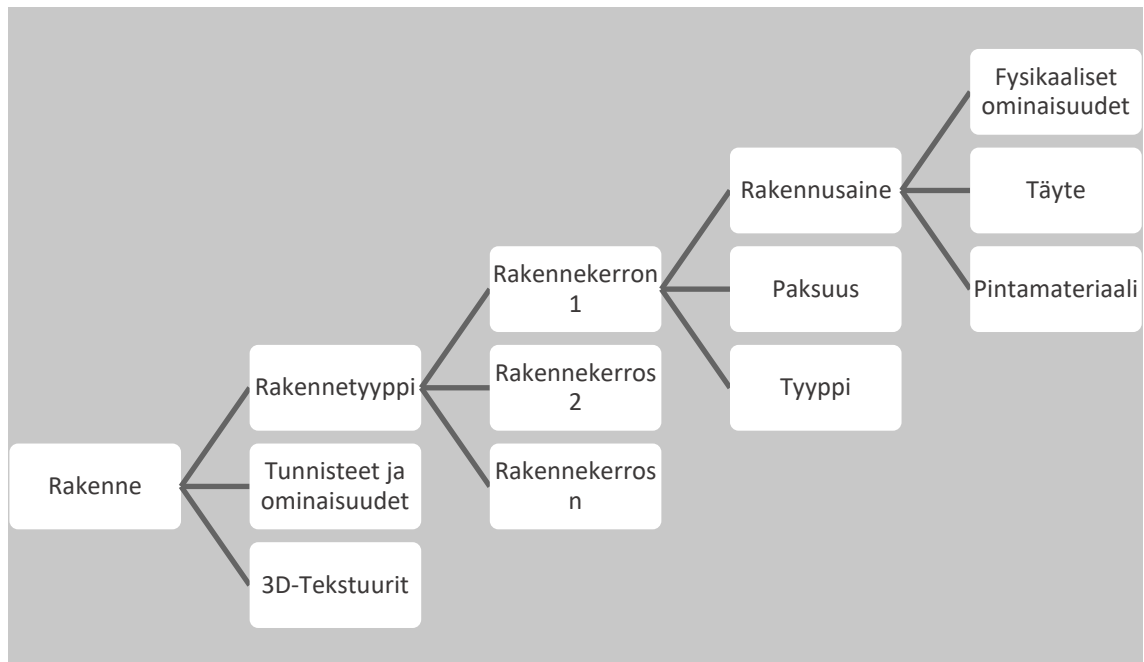
Arkkitehtisuunnittelussa käytettäviä tietomallipohjaisia suunnitteluohjelmia ovat muun muassa ArchiCAD, Allplan, Revit sekä Vectorworks. Suomessa yleisimmin käytetyt tietomallinnusohjelmat ovat yhdysvaltalainen Autodeskin Revit ja unkarilainen Graphisoft ArchiCAD.

Tässä työssä perehdytään näiden yleisimpien ohjelmien tapaan mallintaa rakenteita.

4.4.1 Graphisoft ArchiCAD

Tuotetietoa voidaan tallentaa ArchiCADissa koko rakennusosalle kuten ikkunalle tai kokonaiselle seinälle. Lisäksi tuotetietoa voidaan tallentaa myös rakennetyypeille ja sen sisältämien kerrosten materiaaleille. ArchiCADissa Talo 2000 -nimikkeistöjärjestelmä toteutetaan mallintamalla elementit nimikkeistöjärjestelmän mukaisille tasoille.

Tuotetietoa voidaan tallentaa ArchiCADissa koko rakennusosalle kuten ikkunalle tai kokonaiselle seinälle. Tuotetietoa voidaan tallentaa myös rakennetyypeille ja sen sisältämien kerrosten materiaaleille. (Vares 2013)

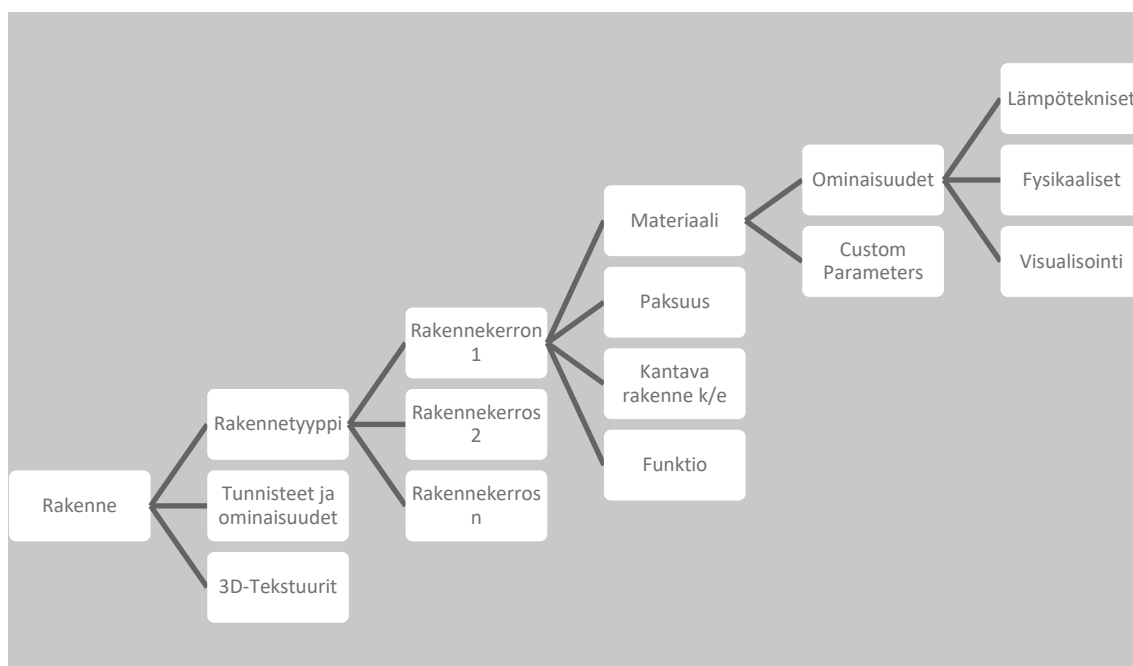


Kuvio 6. ArchiCADissa rakennetyypin avulla mallinnettavan rakennusosan tietorakenteen periaatekuva (Vares 2013)

Rakennetyypimäärittely käsittää rakennetyypin nimeämisen sekä eri materiaalikerrosten määrittelyn. Rakennekerrokselle määriteltäviä ominaisuuksia ovat rakennusaine, paksuus ja tyyppi. Näistä rakennusaineelle määritetään lämpöominaisuudet eli lämmönjohtavuus, tiheys, ominaislämpökapasiteetti, sitoutunut hiili ja sitoutunut energia. Rakennetyypin lisäksi mallinnetulle rakenteelle voidaan määrittellä IFC-ominaisuuksia, jotka voidaan sisällyttää mallista tuotettaviin lisätauksiin. (Vares 2013)

4.4.2 Autodesk Revit

Revitissä Talo 2000 -nimikkeistöjärjestelmä toteutetaan antamalla elementille Keynote-parametri.



Kuvio 7. Revitissä rakennetyypin avulla mallinnettavan rakennusosan tietorakenteen periaatekuva (Vares 2013)

Revitiin materiaalille haluttuja ominaisuustietoja on siis mahdollista myös itse lisätä käyttäjän määrittämällä parametrilla.

Revitissä 3D-objektina toimii family-kirjasto, jotka ovat joko sisäisiä (system), ladatavia (loadable) tai projektikohtaisia (in-place) (Vares 2013). Revitin vahvuutena voi pitää sitä, että käyttäjä voi itse mallintaa tarvitsemiaan familyjä ja va-

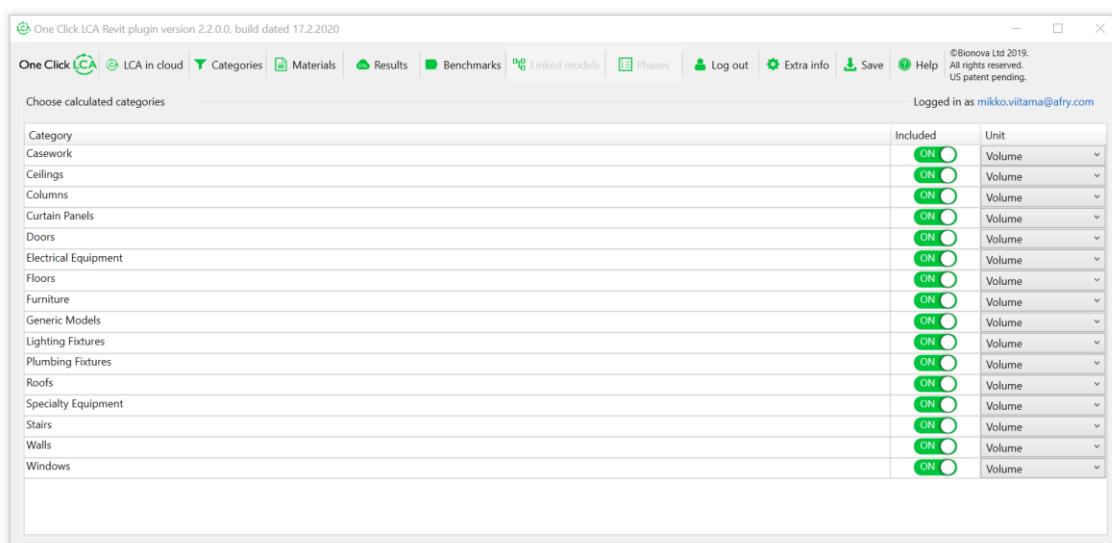
paasti lisätä niille tarvitsemiaan parametrejä. Revitiin materiaalille haluttuja ominaisuustietoja on siis mahdollista myös itse lisätä käyttäjän määrittämällä parametrilla.

4.4.3 Muut ohjelmistot

Tietomallintamiseen voidaan hyödyntää myös muita ohjelmia kuin varsinaisia tietomallinnusohjelmia. Tällöin mallinnettu geometria tulee viedä IFC-muotoon ja ominaisuustiedot lisätä manuaalisesti. Tähän tarkoitukseen voidaan esimerkiksi Rhinoceros 3D:tä, Autodesk, 3ds Maxia tai Blenderiä. Näiden ohjelmien etuna voidaan pitää vapaampaa geometrian luomista. Tällöin voidaan yhdistää tietomallinnusohjelman tiedonhallintatyökalut ja toisten ohjelmien edistyneemmät geometrianmuodostustyökalut. (Immonen 2019)

4.4.4 One Click LCA

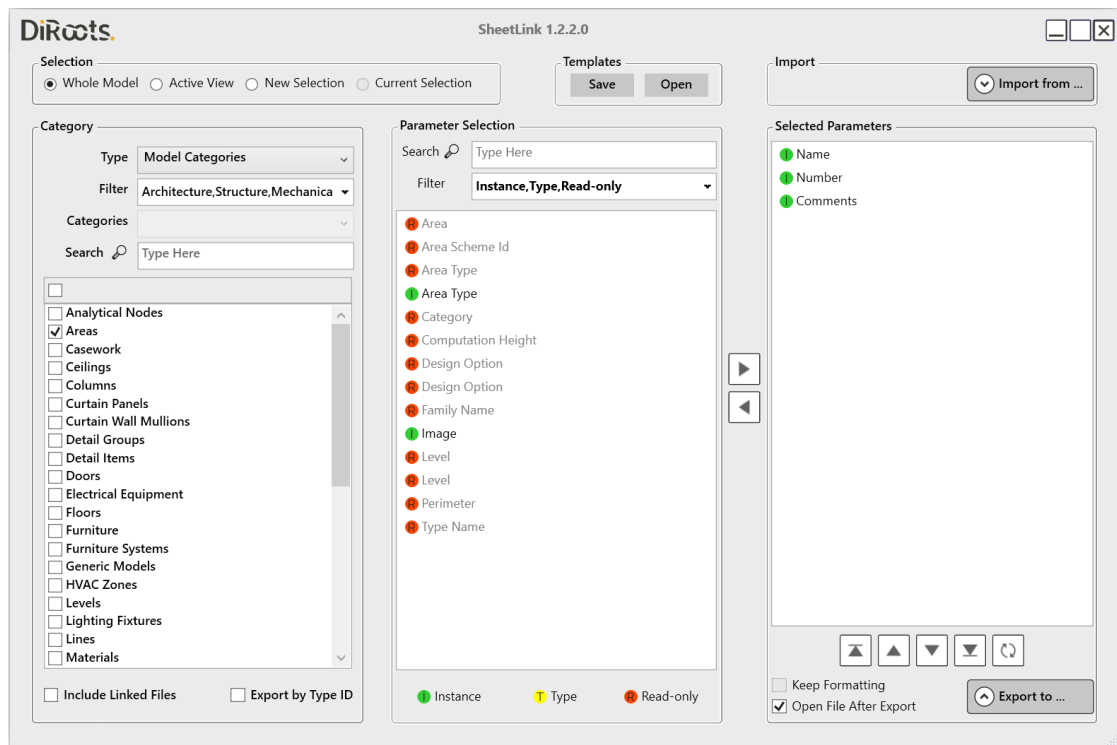
Bionova Ltd:n One Click LCA tarjoaa geneerisiä ja EPD tietokantoja materiaaleille sekä elinkaarilaskentatyökaluja. Yritys tarjoaa myös Revit-lisäosan, jolla laskentaa voidaan tehdä suoraan tietomallista. One Click LCA on yhteensopiva myös ArchiCADiin IFC-muunnoksen avulla. (Bionova Ltd 2018)



Kuva 1. One Click LCA Revit-lisäosan käyttöliittymä

4.4.5 Diroots

DiRoots Ltd. on isobritannialainen yritys, joka muun muassa kehittää laajennuksia Autodesk Revitiin. Erityisen kiinnostavia lisäosia tiedonhallintaan ovat SheetLink ja ParaManager. SheetLinkin avulla tietoa voidaan siirtää tietomallin taulukkolaskentaohjelmaan ja edelleen muokattuna takaisin taulukkolaskentaohjelmasta tietomalliin. (DiRoots Ltd, 2020)



Kuva 2. Sheetlink Revit-lisäosan käyttöliittymä

5 TIETOMALLI JA SERTIFIKAATIT

Tässä luvussa pohditaan, kuinka tietomallintamista on mahdollista hyödyntää ympäristöluokitusten tavoittelussa.

5.1 Huonekortti

ArchiCADissa tilat mallinnetaan vyöhyketyökalulla. Vastaavasti Revitissä tilat mallinnetaan Room-työkalulla. Näille tilaobjekteille voidaan määritellä tarvittavia ominaisuustietoja, kuten Talo 2000 -nimikkeistön tilakoodit sekä esimerkiksi ympäristöluokitusten edellyttämiä tietoja kuten akustiset ominaisuudet, eli jälkikaiunta-aika, ääneneristys, taustamelutaso ja päivänvalokerroin, mikä voisi auttaa suunnittelun tiedonhallinnassa.

Tietoa voidaan tarvittaessa kerätä arkkitehtimalliin ja sitä kautta hallinnoida Revitissä esimerkiksi SheetLink-lisäosan avulla tai ArchiCADilla elementtiluettelon ja ”Vie ominaisuusarvot taulukosta”- sekä ”Tuo ominaisuusarvot elementteihin”-toimintojen avulla.

5.2 Energialaskenta

Koska rakennushankkeen alussa hanke- ja ehdotussuunnitteluvaiheissa tehdyt valinnat ovat ympäristötehokkuuden kannalta olennaisia, voidaan jo aikaisessa vaiheessa suoritetuilla alustavilla energiasimuloinneilla tehokkaasti kartoittaa eri suunnitteluratkaisujen vaikutuksia, mikäli luonnossuunnittelua tehdään tietomallipohjaisesti ja suunnitteluohjelmistojen välinen yhteentoimivuus on kunnossa.

Rakennuksen energialaskentaan on monia erilaisia laskentatyökaluja. Dynaamisia simulointiohjelmia käyttämällä saadaan tietoa tuntitasoisesti energiankäytöstä ja sisäolosuhteista. Yksityiskohtaisessa laskennassa jokainen tila on oma lämpövyöhykkeensä. Tilakohtaista tarkastelua tarvitaan esimerkiksi yllämpenemistä tarkasteltaessa. Suomessa käytössä olevia simulointiohjelmia ovat Consolis Energy, IDA Indoor Climate and Energy, SciaQPro, Tase, VIP, Riuska ja VVT Talo. (Lylykangas 2016)

IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) on simulointiohjelma, jolla voidaan tutkia rakennuksen lämpötasetta ja energiankulutusta. Ohjelmaa voidaan myös käyttää rakennuksen mallintamiseen. (EQUA Simulation AB 2020)

Energiasimulointiohjelmat voivat kuitenkin hyödyntää rakennuksen olemassa olevaa tietomallia. Sujuva tiedonsiirto edellyttää kuitenkin yksinkertaistettua mallia. (Lylykangas 2016)

Sujuvan yhteentoimivuuden mahdollistamiseksi tulisi tietomallinnusohjelmassa käytettävään aloituspohjaan määritellä energialaskennalle omat IFC-kääntäjäasetukset, jotta vientiin menevät vain tarvittavat elementit mallista ja voidaan välttää toistuvat työvaiheet.

5.3 Elinkaarilaskenta

Arkkitehtimalli voi olla puutteellinen yksityiskohtaiseen elinkaarilaskentaan, sillä kaikkia rakenteita ei välttämättä esitetä arkkitehtimallissa. Jos rakennesuunnittelijan mallia matalampi tarkkuustaso on riittävä, voidaan arkkitehtimalliin mallinnettua geometriaa hyödyntää elinkaarilaskennassa.

One Click LCA Revit-laajennus tarjoaa laskentaan valmiit ympäristöluokitusten vaatiman standardin mukaiset tietokannat. Tietomallinnusohjelmien määrälaskentaa voidaan käyttää myös yhdessä taulukkolaskennalla suoritettavan elinkaaren hiilijalanjäljen määrittelyssä. Hiilijalanjälki voitaisiin laskea myös kokonaan tietomallissa projektiparametrien avulla.

6 POHDINTA

Suomalaisen rakentamisen katsotaan olevan laadultaan hyvää, ja monet ympäristöluokituksissa pisteillä palkittavat ominaisuudet vaikuttavatkin sisältyvän ainakin periaatteessa rakentamisen lakien, asetusten ja yleisten suositusten mukaiseen kansalliseen perustasoon. Kuitenkin luokitusjärjestelmän edellyttämä riippumaton valvonta ja dokumentaatio voivat vahvistaa näiden tavoitteiden toteutumista.

Ympäristöluokitusjärjestelmien vahvuutena voidaan pitää myös sitä, että rakennushankkeiden vaikutuksia pyritään tarkastelemaan hyvin monipuolisesti. Esimerkiksi pelkän energiatehokkuuden näkökulmasta ikkuna-alan ja kerroskorkeuden minimointia voidaan pitää hyvänä asiana, mutta toimivaa ja pitkäikäistä rakennusta suunniteltaessa tulee myös huomioida käyttäjien tarpeet, toiminnallisuus ja muuntojoustavuus, joille monissa luokituksissa on annettu painoarvoa asettamalla tavoitteita esimerkiksi luonnonvalokertoimen muodossa.

Arkkitehtuurin näkökulmasta voidaan sanoa myös ympäristöluokitusten tavoittelevan ainakin kahta kolmesta jo Vitruviuksen aikanaan määrittämästä tavoitteesta arkkitehtuurille: kestävyys ja käyttökelpoisuus.

Ympäristöluokitusten tietomallisoveltamiseen on kehitetty jo valmiita työkaluja, kuten One Click LCA, mutta näiden työkalujen käyttäminen ei ole välttämätöntä, sillä esimerkiksi tietomallipohjaisesti tuotettua määrätietoa voidaan joka tapauksessa hyödyntää erilaisissa tarkasteluissa kuten elinkaarilaskennassa. Merkittävä etu on valmiissa tietokannoissa, joita lisäosa käyttää automaattisesti.

Työssä haasteeksi osoittautui se, ettei aiheesta tunnu olevan kovin kattavia ja helppotajuisia teoksia, joissa paneuduttaisiin ympäristöluokitusten varsinaisiin sisältöihin, vaan vaatimukset oli luettava suoraan manuaaleista. Myös rajanvetosen suhteen, millä tasolla luokituksiin on mielekästä tutustua, tuotti vaikeuksia ja aiheen rajaaminen yhteen luokitusjärjestelmään olisi tässä laajuudessa mahdollistanut perehtymisen siihen, millaisia käytännön kriteerejä ja todistusaineistoa luokituspisteet edellyttävät, mitä olisi voitu peilata tietomallintamisen mahdollisuuksiin tarkemmin. Toisaalta työstä voidaan havaita eri ympäristöluokitusten

olevan sisällöiltään samankaltaisia. Tämän lisäksi ala kehittyy kaiken aikaa, ja luokituksia muokataan uusien versioiden myötä vastaamaan paremmin tarpeita.

Tällä hetkellä yrityksessä tietomallinnusohjelmalla suunnitellaan vielä osin 3D-malleja, joita käytetään dokumentoinnin tuottamiseen, eikä kyse ole puhtaasta tietomallintamisesta. Tulevaisuudessa mallintamiskäytäntöjä tulisi edelleen kehittää, jotta tietomallintamisen edut esimerkiksi tiedonsiirrossa suunnittelualojen välillä voitaisiin hyödyntää täysimääräisesti.

Toimialalta vaikuttaa vielä edelleen puuttuvan osin yhtenäisiä käytäntöjä, mikä hankaloittaa tietomallipohjaisten ratkaisujen toteuttamista. Ympäristöselosteiden Pdf-dokumenttimuodossa jaettava tuotetieto on hankalasti ja työläästi hyödynnettävissä. Monet valmistajat tuottavat nykyään omia objektejaan tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Näihin objekteihin olisi helppo lisätä standardoitua tietoa ja näin monesti tehdäänkin, mutta tiedon hyödynnettävyys kärsii siitä, ettei tietomallipohjaisten objektien luomiselle ole yhteisiä pelisääntöjä, eivätkä näin tiedot asetu automaattisesti saman parametrin tai attribuutin alle taulukointiin tai laskentaan.

Ympäristöluokituksissa esitetään myös vaatimuksia, joiden todentaminen nykyisenlaisesta rakennuksen tietomallista ei ole mahdollista tai sen toteuttaminen vaatisi laajamittaista kehitystyötä. Esimerkiksi liikenneyhteyksien ja sijaintitietojen ajaminen tietomalliin ei ole tavanomaista, vaikkakin esimerkiksi Suomessa ylläpidetään jokseenkin kattavaa paikkatietojärjestelmää. Myös hakukoneyhtiöt keräävät paikkatietoja esimerkiksi palveluista, joiden määrää ja etäisyyttä ympäristöluokituksissa pisteytetään.

Todennäköisesti tulevaisuudessa tulee olemaan vieläkin enemmän valmiita tietoteknisiä ratkaisuja, joilla hankkeen nykyisellään työlästä ympäristöluokittelua voidaan sujuvoittaa, mikäli ympäristöluokitusjärjestelmät vakiinnuttavat asemansa rakennussuunnittelussa ja ympäristöluokitukset osoittautuvat riittäviksi keinoiksi hillitsemään rakennetun ympäristön ympäristökuormitusta.

LÄHTEET

Breem.com. Building Research Establishment Ltd. 2020. Explore BREEAM. Luettu 31.10.2020. <https://tools.breem.com/projects/explore/index.jsp>

AFRY Finland Oy. 2020. Kiertotalouden potentiaali rakentamisessa Lounais-Suomessa. Varsinais-Suomen Liitto. Luettu 3.11.2020.

Ecolabelled Buildings. Luettu 31.10.2020.

<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1x65aK5yfGjALOiQ-QYJvPVgHVzI&ll=61.569114778644845%2C28.24309989957891&z=5>

BRE Global Ltd. 2017. BREEAM International New Construction 2016 Technical Manual. Watford. United Kingdom. BRE Global Ltd.

Danish Transport and Construction Agency. 2016. Introduction to LCA of Buildings, Kööpenhamina: Danish Transport and Construction Agency.

DGNB GmbH, 2020. www.dgnb-system.de. Luettu 3.11.2020.

<https://www.dgnb-system.de/en/>

DiRoots Ltd, 2020. DiRoots.com. Luettu 20.11.2020.

<https://diroots.com/>

EQUA Simulation AB, 2020. www.equa.se. Luettu 30.10.2020.

<https://www.equa.se/fi/ida-ice>

FinnBuild, 2016. finnbuild.messukeskus.com. Luettu 17.11.2020.

<https://finnbuild.messukeskus.com/ekologinen-rakentaminen/>

Gaia Consulting Oy, 2020. Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisyyden tiekartta 2020 - 2035 - 2050. Rakennusteollisuus.

Green Building Council Finland, 2018. figbc.fi. Luettu 31.10.2020.

<https://figbc.fi/>

Henttinen, T. 2012. YTV Yleiset tietomallivaatimukset Osa 3. Arkkitehtisuunitelu. Rakennustieto Oy.

Henttinen, T. YTV2020 –Yleisten tietomallivaatimusten jatkokehitys. Gravincon Oy.

Immonen, S. 2019. Tietomallintaminen osana arkkitehdin työnkuvaa ja koulutusta — Rakennusalan digitalisaation vaikutus arkkitehdin työhön, Oulu: Oulun Yliopisto. Diplomityö

International WELL Building Institute. 2020. WELL v2.

International WELL Building Institute. 2020. wellcertified.com. Luettu 31.10.2020.

<https://account.wellcertified.com/directories/projects>

Kuittinen, M. 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä, Helsinki: Ympäristöministeriö.

Lylykangas, K. Andersson, A. Kiuru, J. Nieminen, J. Päätaalo, J. 2016. Rakenteellinen energiatehokkuus. RTT eristeteollisuus ja ympäristöministeriö.

Rakennustietosäätiö RTS sr, 2020. Toimitila- ja palvelurakennukset 2018 Arviointikriteeristö. Luettu 3.11.2020.

https://cer.rts.fi/wp-content/uploads/rts-ympristluokitus-v1-11-toimitila-ja-palvelurakennukset_versio_250220_voimassa-oleva-1.pdf

Rakennustietosäätiö, 2020. Rakennustieto.fi. Luettu 25.10.2020.

https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot_21.html

Rakennustietosäätiö. Rakennustieto.fi. Luettu 30.10.2020

https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2lh5ORz/6HdGVcacZ/Suosituksukset_Talo-2000_nimikkeiston_kaytosta_tietomalleissa.pdf

Rantanen, N., 2020. Teams-haastattelu. 6.11.2020.

RIL, 2019. Rakennetun omaisuuden tila 2019. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

U.S. Green Building Council, 2019. LEED v4.1 Building Design and Construction. U.S. Green Building Council.

U.S. Green Building Council. 2020. usgbc.org. Luettu 31.10.2020

<https://www.usgbc.org/projects>

Vares, S. Sulankivi, K. Palos, S. Kojima, J. Kiviniemi, M. Tuomisto, M. 2013. Tuotetiedon käyttö tietomallinnuksessa esimerkkinä ympäristövaikutusten laskenta. Espoo. VTT.

Viitala, A. 2020. Puun kädenjälki Vähähiiliseen rakentamiseen. Granlund Consulting Oy.

YK. 2015. Paris Agreement. ym.fi. Luettu 23.10.2020

[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/paris_agreement_english -
B334B5EC B697 4C03 8F06 D42B87AA76E6-118495.pdf/94eab5f2-7216-
6feb-ea6a-ddc7516ab3dc/paris_agreement_english -
B334B5EC B697 4C03 8F06 D42B87AA76E6-
118495.pdf?t=1603260053768](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/paris_agreement_english_-_B334B5EC_B697_4C03_8F06_D42B87AA76E6-118495.pdf/94eab5f2-7216-6feb-ea6a-ddc7516ab3dc/paris_agreement_english_-_B334B5EC_B697_4C03_8F06_D42B87AA76E6-118495.pdf?t=1603260053768)

Ympäristöhallinto. 2016. Ilmastonmuutoksen hillintä. ymparisto.fi. Luettu 17.11.2020.

https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillinta

Ympäristömerkintä Suomi Oy. 2020. Joutsenmerkin kriteerit - Pientalot, kerrostalot, koulu- ja päiväkotirakennukset, Helsinki. Ympäristömerkintä Suomi Oy.

Ympäristöministeriö. Kioton pöytäkirja. ym.fi. Luettu 17.11.2020.

<https://ym.fi/kioton-poytakirja>