

Martta Alkila

# LEED- ja BREEAM-ympäristöluokitusten vaikutukset sähkösuunnitteluun

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinööriytyö

5.5.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Martta Alkila LEED- ja BREEAM-ympäristöluokitusten vaikutukset sähkösuunnitteluun 45 sivua + 8 liitettä 5.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	TkL Jarno Varteva, yliopettaja Insinööri Heikki Kaartinen
<p>Insinööriyössä on perehdytty LEED- ja BREEAM-ympäristöluokitusten vaikutuksiin sähkösuunnittelussa. Työn tarkoituksena on ollut tuottaa luokitusjärjestelmien vaatimuksista kertova opas sertifioitavien kohteiden parissa työskenteleville suunnittelijoille.</p> <p>Sertifikaateista on tullut kansainvälisesti tunnettuja arviointitapoja kestävien, terveellisten ja viimeisintä tekniikkaa hyödyntävien toimiympäristöjen suunnittelussa ja rakentamisessa. Ympäristöluokituksista on tullut myös osa yritysten brändiä. LEED- ja BREEAM-järjestelmissä pyritään vähentämään rakennetusta ympäristöstä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia kuten päästöjä ja taivaankannen valottumista esimerkiksi rohkaisemalla kiinnittämään huomiota energiatehokkuuden optimointiin ja häiriövalon aiheutumiseen.</p> <p>Työ on toteutettu pääasiassa LEED- ja BREEAM-järjestelmien aineistoihin keskittyvänä tutkielmana. Työ sisältää kummankin luokitusjärjestelmän esittelyt, tietoa sertifiointitasoista ja järjestelmien projektille asettamista vaatimuksista sekä lyhyen esittelyn kustakin sähkösuunnitteluun liittyvästä vaatimuskohdasta. Lisäksi viittaukset standardeihin ja muihin järjestelmien ulkopuolisiin materiaaleihin on kerätty koontitaulukkaan.</p> <p>Insinööriyö luo kokonaiskuvan LEED- ja BREEAM-järjestelmien sisällöstä sekä tarjoaa sähkösuunnittelijoille helppokäyttöisen oppaan, joka auttaa vaatimusten laajuuden sekä kussakin projektissa mahdollisesti tavoitettavissa olevien pisteiden hahmottamisessa.</p>	
Avainsanat	LEED, BREEAM, sähkösuunnittelu

Author Title Number of Pages Date	Martta Alkila LEED and BREEAM Certification Systems in Electrical Designing 45 pages + 8 appendices 5 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jarno Varteva, Lic.Sc. (Tech.), Principal Lecturer Heikki Kaartinen, Engineer
<p>The purpose of this thesis was to provide an accessible guide to LEED and BREEAM rating systems for electrical designers who work in green building related projects but do not account for the certification assessment process.</p> <p>Besides being a matter of environmental performance, green building is also considered part of brand marketing. LEED and BREEAM certificates have become global indicators for designing and constructing environmentally sustainable, healthy and state-of-the-art buildings. Both rating systems seek to mitigate deleterious effects such as emissions and sky-glow, while encouraging project teams to optimize building energy efficiency and to avoid external light trespass.</p> <p>The study is mainly based on LEED and BREEAM guidance materials. The study includes introductions for both rating systems, information about the certification levels, the requirements to be complied with in order to achieve a certificate and a summary of each issue related to electrical designing. As standards are of great importance for electrical designing, all references to relevant standards are collected to a compilation table.</p> <p>As the final result this study provides a user-friendly guide for designers, helping to understand the extent of the requirements and, in addition, a convenient way to observe which LEED or BREEAM points are likely to be awarded for each project.</p>	
Keywords	LEED, BREEAM, electrical designing

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ympäristönäkökohdat ja -luokitukset	2
2.1	Ympäristönäkökohdat	2
2.2	Ympäristöluokitukset	4
3	LEED	5
3.1	LEED-järjestelmä	5
3.1.1	Ympäristökategoriat ja pisteytys	7
3.1.2	Vähimmäisvaatimukset LEED-luokituksen saamiseksi	9
3.2	Sähkösuunnitteluun liittyvät LEED-krediitit	12
3.2.1	SS Credit 4.3 Alternative Transportation – Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	13
3.2.2	SS Credit 8 Light Pollution	13
3.2.3	EA Credit 1 Optimize Energy Performance	17
3.2.4	EA Credit 2 On-Site Renewable Energy	17
3.2.5	EA Credit 5 Measurement and Verification	18
3.2.6	EA Credit 5.1 Measurement and Verification – Base Building	19
3.2.7	EA Credit 5.2 Measurement and Verification – Tenant Submetering	19
3.2.8	EA Credit 6 Green Power	20
3.2.9	IEQ Credit 6.1 Controllability of Systems – Lighting	21
3.2.10	ID Credit 1 Innovation in Design	22
3.2.11	ID Credit 2 LEED Accredited Professional	23
3.3	LEED-sertifiointin uudistuminen	23
3.3.1	LEED v4 -järjestelmän luokitusjärjestelmät ja ympäristökategoriat	24
3.3.2	Sähkösuunnitteluun liittyvät uudistukset	26
4	BREEAM	27
4.1	BREEAM-järjestelmä	27
4.1.1	BREEAM-sertifikaatti	28
4.1.2	Ympäristökategoriat ja pisteytys	28
4.1.3	Vähimmäisvaatimukset BREEAM-luokituksen saamiseksi	30
4.1.4	Rakennus- ja projektityypit	31
4.2	Sähkösuunnitteluun liittyvät BREEAM-alakohdat	32
4.2.1	Hea 4 - High frequency lighting	32

4.2.2	Hea 5 - Internal and external lighting levels	32
4.2.3	Hea 6 - Lighting zones and controls	34
4.2.4	Hea 14 - Office Spaces	34
4.2.5	Ene 1 - Energy Efficiency	35
4.2.6	Ene 2 - Sub-metering of Substantial Energy Uses	35
4.2.7	Ene 3 - Sub-metering of High Energy Load and Tenancy Areas	36
4.2.8	Ene 4 - External Lighting	36
4.2.9	Tra 3 - Alternative modes of transport	37
4.2.10	Tra 4 - Pedestrian and Cyclist Safety	38
4.2.11	Pol 7 - Reduction of Night Time Light Pollution	39
5	Johtopäätökset	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. LEED-krediitit	
	Liite 2. Sähkösuunnitteluun liittyvät LEED-krediitit	
	Liite 3. Ulkovalaistuksen valaistustehojen raja-arvot	
	Liite 4. LEED v4 -järjestelmän krediitit	
	Liite 5. LEED v4 -muutokset	
	Liite 6. BREEAM-yhteispisteiden laskenta	
	Liite 7. BREEAM-alakohdat	
	Liite 8. Sähkösuunnitteluun liittyvät BREEAM-alakohdat	

## Lyhenteet

LEED	Leadership in Energy and Environmental Design. Yhdysvalloissa kehitetty ympäristöluokitusjärjestelmä.
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. Iso-Britanniassa kehitetty ympäristöluokitusjärjestelmä.
CS	Core & Shell. LEED-järjestelmän luokka.
CI	Commercial Interiors. LEED-järjestelmän luokka.
NC	New Construction. LEED- ja BREEAM-järjestelmien luokka.
SCH	Schools. LEED-järjestelmän luokka.
SS	Sustainable Sites. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
WE	Water Efficiency. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
EA	Energy and Atmosphere. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
WE	Water Efficiency. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
MR	Materials and Resources. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
IEQ	Indoor Environmental Quality. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
ID	Innovation in Design. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
RP	Regional Priority. LEED-järjestelmän ympäristökategoria.
MPRs	Minimum Program Requirements. LEED-luokituksen vähimmäisvaatimukset.
USGBC	U.S. Green Building Council. LEED-järjestelmän kehittänyt organisaatio.

GBCI	Green Building Certification Institute. LEED-sertifiointiprojektien valvontaa tarjoava organisaatio.
ASTM	American Society for Testing and Materials. Kansainvälinen standardoimisjärjestö.
CFC	Kloorista, fluorista ja hiilestä koostuva kemiallinen yhdiste.
EPA	United States Environmental Protection Agency. Yhdysvaltain ympäristösuojeluvirasto.
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Yhdysvaltalainen ympäristönäkökohtiin keskittyviä talotekniikan standardeja ja käsikirjoja julkaiseva järjestö.
AP	Accredited Professional. LEED-järjestelmän valtuuttama asiantuntija.
BD+C	Building Design + Construction. LEED-järjestelmän luokka.
ID+C	Interior Design + Construction. LEED-järjestelmän luokka.
O+M	Building Operations + Maintenance. LEED-järjestelmän luokka.
N+D	Neighborhood + Development. LEED-järjestelmän luokka.
BRE	Building Research Establishment. BREEAM-järjestelmän kehittänyt organisaatio.
Man	Management. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
Hea	Health and Wellbeing. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
Ene	Energy. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
Tra	Transport. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
Wat	Water. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.

WsT	Waste. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
Pol	Pollution. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
LE	Land Use and Ecology. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
Mat	Materials. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoria.
UGR	Unified Glare Rating. Kiusahäikäisyindeksi.
ULOR <sub>inst</sub>	Upward Light Output Ratio, installed. Ylöspäin suuntautuvan valon osuus asennetussa valaisimessa.
BUG	Backlight-Uplight-Glare. Valaisimesta horisontin yläpuolelle, kohdealueelle sekä horisontin alapuolelle suuntautuva häiritsevä valo häikäisevyyden arvioinnissa.
L70	Ledin elinikää kuvaava arvo. Aika, jonka kuluttua ledin alkuperäisestä valovirrasta on jäljellä 70 %.

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä selvitetään Suomessa yleisesti käytettyjen LEED- ja BREEAM-ympäristöluokitusten sähkösuunnittelua koskevia vaatimuksia. Työn tavoitteena on tuottaa apuväline luokitusten laajuuden ja vaatimusten hahmottamiseen sertifioitavien kohteiden parissa työskenteleville sähkösuunnittelijoille.

Insinööriyö tehtiin Granlund Oy:lle, joka on Suomen suurin talotekniikan suunnittelu- ja konsultointiyritys. Yritys tarjoaa talotekniikan suunnittelu- ja konsultointitoiminnan lisäksi monialaista erityisosaamista muun muassa valaistuksen, sairaalalaitteistojen, toimitaluruvallisuuden ja tietomallinnuksen saralla sekä lisäksi ohjelmistoratkaisuja ja ympäristökonsultointipalveluita. Granlund Oy:n referenssilistalta löytyy kohteita niin liikenteen, kulttuurin kuin hoitotyönkin alalta sekä lukuisia merkittäviä liikerakennuksia ja toimistokohteita. Granlund Oy on vastannut esimerkiksi arvostetun LEED Platina -sertifikaatin saavuttaneen Derby Business Park -toimistokiinteistön talotekniikan suunnittelusta sekä LEED-konsultoinnista.

Tässä insinööriyössä kerrotaan LEED- ja BREEAM-luokitusten pääpiirteistä kuten erityyppisille rakennuksille tarkoitetuista luokitusjärjestelmistä, järjestelmien sisältämistä ympäristökategorioista, pisteytysperiaatteista ja sertifiointien arvosana-asteikoista sekä kummankin järjestelmän projektille asettamista vähimmäisvaatimuksista. Sähkösuunnitteluun liittyvät vaatimukset on esitelty lyhyesti aukikirjoitettuna sekä nopean yleiskuvan tarjoamiseksi kootusti taulukoituina.

LEED-luokituksista kertovassa osuudessa keskitytään LEED 2009 New Construction sekä Core & Shell -järjestelmiin ja BREEAM-luokituksista kertovassa osuudessa BREEAM Europe Commercial 2009 -järjestelmän vaikutuksiin. Valtaosassa Suomessa sertifioituista kohteista on käytetty edellä mainittuja järjestelmiä. Lisäksi LEED-järjestelmään keskittyvässä osuudessa perehdytään LEED-järjestelmän uudistumiseen ja käydään läpi uusimpana käyttöön otettavan LEED v4 -järjestelmän mukanaan tuomia muutoksia.

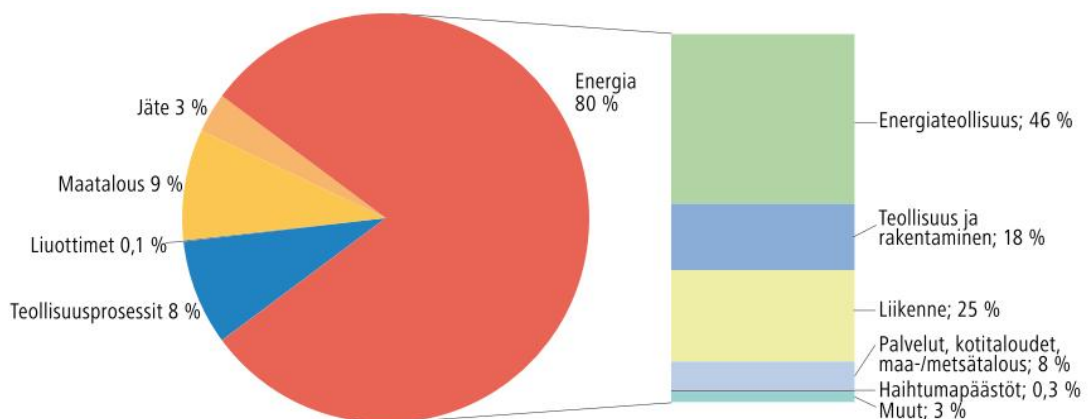
## 2 Ympäristönäkökohdat ja -luokitukset

### 2.1 Ympäristönäkökohdat

Huomattava osuus energiankulutuksesta ja kasvihuonepäästöistä aiheutuu rakennetusta ympäristöstä. Rakentaminen itsessään kuluttaa lyhyessä ajassa paljon luonnonvaroja, minkä lisäksi rakennuksen käytöstä aiheutuva energian- ja vedenkulutus kuormittaa ympäristöä koko elinkaaren ajan.

Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tehtävillä ekotehokkailla valinnoilla on merkittävä vaikutus kasvihuonepäästöjen vähentämisessä. Vihreän rakentamisen suosio onkin maailmanlaajuisesti kasvussa. Ekologisesti kestävästä ja ympäristöystävällisesti rakennetuista toimitiloista on tullut myös osa yritysten brändiä; vihreät valinnat ovat tapa erottua ja osoittaa, että yritys haluaa osaltaan kantaa vastuun maapallon tulevaisuudesta ja hyvinvoinnista.

Vuonna 2014 julkaistun YK:n kansainvälisen ilmastoraportin mukaan kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä on ennätyskellisen suuri, ja määrän odotetaan kasvavan edelleen. Vaikka päästöt saataisiinkin hallintaan, saattavat ilmastonmuutoksen vaikutukset olla jo peruuttamattomia.



Kuva 1. Kasvihuonepäästöjen lähteet sektoreittain Suomessa vuonna 2011. [2.]

Ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi vaaditaan välittömiä toimenpiteitä. YK:n ilmaston lämpenemiseen liittyvien tavoitteiden täyttämiseksi kasvihuonepäästöissä tulisi saavuttaa 40–70 %:n vähennys vuoteen 2050 mennessä ja tavoitella täydellisesti päästötöntä

ympäristöä vuoteen 2100 mennessä. Raportin mukaan rakennustoimialan osuus energian loppukäytöstä on maailmanlaajuisesti noin kolmannes ja rakennustoimialan hiilidioksidipäästöt vastaavat noin viidennestä maailman hiilidioksidipäästöistä. Esimerkki Suomen kasvihuonepäästöjen aiheuttajien osuuksista on esitetty kuvassa 1.

Päästöjen vähentäminen vaatii asteittaista luopumista fossiilisten polttoaineiden käytöstä sekä merkittävää investoimista ympäristöystävällisiin ja energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Ilmastotavoitteisiin liittyen EU-jäsenmaissa on sovittu vähennettävän kasvihuonepäästöjä 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteeksi on myös päätetty, että energiasta 27 %:n osuuden tulee olla uusiutuvista energiamuodoista. [1; 3; 4.]

Verrattain uutena ympäristöllisenä ongelmana keskustelua ovat herättäneet keinovaloista aiheutuvat haitat, joihin liittyvät käsitteet häiriövalo (*obtrusive light*), hukkavallo (*spilled light*), valosaaste (*light pollution*) ja taivaankannen valottuminen (*sky glow*).



Kuva 2. Suomi-satelliitin kuvaama maapallon yönäkymä vuonna 2012. [5.]

Ilmakehästä ja pilvistä heijastuvasta keinovalaistuksesta aiheutuva taivaankannen valottuminen on yksi helpoimmin havaittavissa olevista haitoista. Yksittäisistä valonlähteistä suoraan ylöspäin suuntautuva tai pintojen kautta taivaalle heijastuva valo siroaa ilmakehän hiukkasista aiheuttaen kaupunkien ylle valokupuna erottuvan hohteen, joka vaikeuttaa yötaivaan havaitsemista. Suomalaisista valtaosa elää alueilla, joista Linnunrataa ei keinovalon takia ole mahdollista havaita paljain silmin.

Kattava koonti maan pinnalta ylöspäin suuntautuvan valon määrästä saadaan luotua satelliittien yönäkymäkuvien avulla. Kuvassa 2 esitetyssä NASAn observatorion satelliittikuvassa on koko maapallon käsittävä kartta, joka kuvaa ylöspäin suuntautuvaa keinovaloa ja sen tuottamia vaikutuksia taivaankannen valottumiseen eri alueilla. Kartan ”valopisteistä” tunnistettavien suurimpien kaupunkien keinovalon lisäksi satelliittikuva sisältää esimerkiksi maastopaloista, kalastusaluksista ja kaasusoihduista aiheutuvaa valoa. [5; 6, s. 12, s. 24, s. 34.]

## 2.2 Ympäristöluokitukset

Ympäristöluokitukset ovat globaali menetelmä rakennusten ekologisuuden mittaamiseen ja arviointiin. Suomessa ympäristöluokituksissa käytetään tavallisimmin kansainvälisesti tunnettuja LEED- ja BREEAM-järjestelmiä sekä suomalaista PromisE-järjestelmää. Näiden lisäksi monissa maissa on kehitetty muita käyttökelpoisia ja erityisesti paikalliset olosuhteet huomioivia ympäristöluokitusjärjestelmiä. Tässä insinööriössä käsitellään LEED- ja BREEAM-järjestelmien vaatimuksia.

Ympäristöluokituksilla saadaan kansainvälisesti tunnustettu, yksiselitteinen ja helposti tulkittava arvio rakennuksen ympäristövaikutuksista. Rakennukset pisteytetään luokituksen kriteerien mukaisesti ja niille annetaan kiinteistön ympäristöominaisuuksia sekä sisätilojen laatua kuvaava arvosana. Esimerkiksi BREEAM-järjestelmän arvosanat *good* ja *very good* antavat selkeän käsityksen rakennuksen ja rakennustapojen vihreyden tasosta myös luokituksiin perehtymättömille henkilöille.

LEED- ja BREEAM-järjestelmissä käsitellään sekä suunnittelu- että rakennusvaiheessa huomioitavia ympäristövaikutuksia. Tarkasteltavia asioita ovat esimerkiksi maankäyttöön, kestäviin materiaaleihin ja kierrätykseen liittyvät valinnat, sisäilmanlaatu, vedenkulutus, energiatehokkuus, energiankulutus ja kulutusmittarointi, valaistuksen laatu ja valaistuksenohjaukset sekä taivaankannen valottumisen ja hukkavalon vähentämiseen liittyvät ratkaisut.

Huomattavaa on, että sekä LEED- että BREEAM-järjestelmässä jo alhaisimman luokituksen mukaista arvosanaa voidaan pitää saavutuksena. Sertifikaatin myöntäminen on todiste siitä, että rakennus on koko elinkaarensa ajan ympäristövaikutuksiltaan vastuullinen, kannattava ja terveellinen niin asuin- kuin työskentely-ympäristönäkin. [7; 8; 9.]

### 3 LEED

#### 3.1 LEED-järjestelmä

LEED on yhdysvaltalainen U.S. Green Building Council -organisaation myöntämä vapaaehtoinen ympäristösertifikaatti. Sertifikaatti tarjoaa riippumattoman, ulkopuolisen todistuksen siitä, että rakennus ja rakennusprosessi noudattavat korkeimpia vihreälle rakentamiselle ja ympäristölle asetettuja normeja.

LEED-luokitusjärjestelmällä voidaan arvioida sekä uusien että jo olemassa olevien rakennusten ympäristövaikutuksia. Rakennukset on jaettu järjestelmässä tyypeittäin yhdeksään eri luokkaan:

- Existing Buildings: Operations & Maintenance
- Core & Shell
- Retail
- Commercial Interiors
- New Construction
- Schools
- Neighborhood Development
- Healthcare
- Homes.

Existing Buildings: Operations & Maintenance -luokitusjärjestelmä on tarkoitettu olemassa oleville rakennuksille, joille halutaan hakea LEED-sertifiointia. Rakennuksen sijaan järjestelmässä keskitytään toimintatapojen kuten käytön ja ylläpidon energiatehokkuuden ja suorituskyvyn arviointiin.

Core & Shell (CS) -luokitusjärjestelmä soveltuu sellaisiin myytävien tai vuokrattavien kiinteistöjen rakennusprojekteihin, joissa rakentaja vastaa rakenteista ja julkisivuista, mutta ei sisätilojen suunnittelusta ja rakentamisesta. Tällaisista rakenteet ja ulkovaipan käsittävistä projekteista käytetään usein Suomessakin englanninkieliseen termiin pohjautuvaa Core & Shell -nimitystä. Esimerkkejä rakennustyypeistä, joiden sisätilojen suunnittelusta ja toteutuksesta vastaa käyttäjä tai vuokralainen, ovat toimistot, lääkinälliset toimitilat, ostoskeskukset, varastot sekä laboratoriot. CS-järjestelmässä otetaan

huomioon myös sellaiset rakennusprojektit, joissa valmiiden tilojen käyttötarkoitusta ei suunnitteluvaiheessa tunneta. [7; 10, s. xii-xv; 11.]

Retail ja Commercial Interiors (CI) -luokat on suunniteltu toimimaan yhdessä CS-järjestelmän kanssa. Commercial Interiors -järjestelmä sopii erityisesti sellaisiin kaupallisiin rakennuksiin ja instituutioihin, joissa tila annetaan vuokralle tai joissa käyttäjä ei omista koko rakennusta. Yksittäiset vuokralaiset voivat myös hakea omille toimitiloilleen LEED-luokitusta, vaikka rakennus ei olisikaan muuten sertifioitu. Retail-järjestelmä sopii käytettäväksi kaupallisten rakennusten, kuten erilaisten myymälöiden, ravintoloiden ja pankkien ympäristöluokittelussa. Järjestelmä sopii projekteille, joissa toimitila on osa suurta, useiden käyttäjien kokonaisuutta, huomioiden kaupallisten toimitilojen erityistarpeet esimerkiksi energiankulutukseen, tilojen käyttöaikoihin sekä pysäköintialueisiin liittyen. [12; 13.]

New Construction (NC) -luokitusjärjestelmää voidaan käyttää sekä uudisrakennusten että talotekniikan osalta laajasti peruskorjattavien kohteiden suunnittelussa ja rakentamisessa. Järjestelmä soveltuu monien erilaisten rakennusten, kuten toimistojen, kirjastojen, museoiden, kirkkojen, hotellien ja asuinrakennusten arviointiin.

Schools (SCH) -luokkaa käytetään koulujen ja muiden akateemisten rakennusten rakennustoiminnan ja peruskorjausten yhteydessä. Järjestelmä painottuu käyttäjien terveyttä edistäviin ja hyvän oppimisympäristön tarjoaviin ympäristöystävällisiin suunnitteluratkaisuihin.

Neighborhood Development -järjestelmä soveltuu jo rakennettujen alueiden lähellä sijaitsevien uusien ympäristöjen suunnitteluun ja kehittämiseen. Healthcare-järjestelmässä otetaan huomioon terveydenhuoltoon liittyvien rakennusten kuten sairaaloiden ja hoitolaitosten erityispiirteet. Homes-luokka on tarkoitettu yksityisten asuinrakennusten ja pienkerrostalojen vihreään rakentamiseen. [7; 10, s. xiv-xv.]

Tässä työssä keskitytään useimpiin suunnittelukohteisiin soveltuvien Core & Shell, New Construction sekä Schools -järjestelmien vaatimuksiin. CS- ja NC-järjestelmien voidaan sanoa olevan laajasti käytettyjä järjestelmiä, mutta LEED-sertifioinnin hakeminen kouluille on Suomessa huomattavan vähäistä. LEED-luokituksen mukaisella toteutuksella saavutetaan toki merkittäviä energiansäästöön ja terveelliseen toimintaympäristöön liittyviä hyötyjä, mutta ympäristöluokituksen voidaan katsoa lähinnä nostavan

rakennuksen arvoa silloin, kun omistaja on yksityinen taho. Julkisessa omistuksessa olevien koulujen rakennus- ja peruskorjaushankkeissa varsinaisen sertifikaatin hakemista ei esimerkiksi prosessista aiheutuvien kustannusten takia koeta tarpeelliseksi. Koulurakennusten suunnitteluprojekteissa SCH-järjestelmää voidaankin käyttää lähinnä ohjeistuksena hyvinvointia edistävässä ja kestävässä rakentamisessa keskittymättä niinkään sertifikaatin vaikutuksiin.

### 3.1.1 Ympäristökategoriat ja pisteytys

LEED-järjestelmän rakennusluokat on jaettu edelleen seitsemään ympäristökategoriaan. Varsinaiset kategoriat ovat *Sustainable Sites* (SS), *Water Efficiency* (WE), *Energy and Atmosphere* (EA), *Materials and Resources* (MR) sekä *Indoor Environmental Quality* (IEQ). Kukin kategoria sisältää useita krediittejä (*credit*), joiden vaatimukset täyttämällä saa kerrytettyä pisteitä (*point*). Näiden lisäksi on mahdollista kerryttää lisäpisteitä Innovation in Design (ID) sekä Regional Priority (RP) -kategoriassa.

Varsinaiset pistekategoriat ja lisäpistekategoriat sekä lyhenteet, joilla kategorioihin jatkossa viitataan, on esitetty koottuna kuvassa 3.



Kuva 3. LEED-luokituksen ympäristökategoriat.

Sustainable Sites -kategorian painottamat pääkohdat ovat sijainnin valitsemisen merkitys, liikennepäästöjen vähentäminen, erilaiset maaperää, ympäristöä ja vesistöjä suojelevat toimenpiteet sekä sähkö- ja valaistussuunnittelun kannalta merkittävä häiriövalon hallinta. Water Efficiency -kategoriassa keskitytään rakennuksen vedenkäyttöön ja viemärointiin liittyviin ympäristönäkökulmiin. Energy and Atmosphere -kategoriassa

pisteitä voidaan saada muun muassa energiatehokkuuteen, energian käytön mittaamiseen sekä uusiutuvan energian käyttöön ja tuotantoon liittyvissä vaatimuksissa. Materials and Resources -kategoriassa keskeisinä kohtina ovat kestävien materiaalien valinta, jätteiden määrän vähentäminen sekä kierrättäminen. Indoor Environmental Quality -kategoria pitää sisällään lukuisia sisäilman laatuun, ilmanvaihtoon, materiaalien päästöihin sekä päivänvaloon liittyviä vaatimuksia.

Innovation in Design (ID) -kategoriassa otetaan huomioon kestävien ja energiatehokkaiden rakennusratkaisujen sekä tekniikan jatkuvan kehittymisen tuomat mahdollisuudet. Kategorian lisäpisteitä on mahdollista saada muun muassa osoittamalla erityisosaamista sellaisissa innovatiivisissa ja ekologisesti kestävässä rakennus- ja suunnitteluratkaisuissa, joita ei varsinaisissa kategorioissa mainita.

Paikallisten olosuhteiden merkityksen ympäristöystävällisen suunnittelun ja rakentamisen käytännöissä huomioivia alueeseen perustuvia Regional Priority (RP) -pisteitä voidaan hakea ainoastaan Yhdysvalloissa sijaitseville kohteille. [10, s. xii, s. 1–2, s. 162, s. 215, s. 335–336, s. 405, s. 609.]



Kuva 4. LEED-luokituksen arvosanat ja niihin oikeuttavat pistemäärät.

Myönnettävien LEED-pisteiden määrä kategorioiden krediiteissä on painotettu mahdollisten ympäristöllisten vaikutusten sekä ihmisille saavutettavissa olevien hyötyjen suuruuden mukaisesti siten, että jokaisesta krediiteistä saa vähintään yhden pisteen. Pistet on määritetty kullekin rakennusluokalle erikseen, ja kokonaispistemäärä koostuu rakennustyyppistä riippuen eri kategorioiden pisteistä. Reilusti vaatimuksen tason ylittävistä suorituksista on joissakin krediiteissä mahdollista ansaita lisäpisteitä tai piste Innovation in Design -kategoriassa.

Kokonaisuudessaan peruspisteitä on jaossa sata, lisäpisteitä taas ID-kategoriassa kuusi ja RP-kategoriassa neljä. Saavutettujen pisteiden perusteella rakennukselle annetaan arvosanaksi joko *Certified*, *Silver*, *Gold* tai *Platinum*. Sertifikaattitunnukset sekä eri arvosanoihin oikeuttavat pistemäärät on esitetty kuvassa 4. Määrätyn pistemäärän lisäksi sertifikaatin myöntämiseen vaaditaan LEED-luokituksen vähimmäisvaatimusten täyttäminen. [10, s. xii–xiii, s. xxv, s. xix, s. 591–594]

### 3.1.2 Vähimmäisvaatimukset LEED-luokituksen saamiseksi

Voidakseen saavuttaa LEED-sertifikaatin täytyy projektin vastata LEED-luokituksen vähimmäisvaatimuksia (*Minimum Program Requirements, MPRs*) sekä täyttää pakollisiksi merkittyjen krediittien vaatimukset. Vähimmäisvaatimukset on esitetty kuvassa 5. Vaatimukset määrittelevät projektin tyyppiä sekä linjauksia yleisellä tasolla.

MPR1 - Must comply with environmental laws	• Kohteen tulee täyttää paikalliset rakentamiseen liittyvät ympäristölait ja -asetukset.
MPR2 - Must be a complete, permanent building or space	• Rakennuksella tulee olla pysyvä sijainti.
MPR3 - Must use a reasonable site boundary	• Sertifioitavaan projektiin tulee lukeutua myös rakennuksen tonttiin kuuluva maa-alue, esimerkiksi kaikki maa-alue, jota muokataan rakentamista varten.
MPR4 - Must comply with minimum floor area requirements	• Projektiin tulee kuulua vähintään 93 m <sup>2</sup> lattiapinta-alaa.
MPR5 - Must comply with minimum occupancy rates	• Rakennuksella tulee olla vuosittaisesta keskiarvosta laskettuna ainakin yksi täysipäiväinen käyttäjä.
MPR6 - Must commit to sharing whole-building energy and water usage data	• Projektin tulee sitoutua jakamaan saatavilla olevat tiedot rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta sekä vedenkäytöstä vähintään viiden vuoden ajan USGBC:n ja/tai GBCI:n kanssa.
MPR7 - Must comply with a minimum building area to site area ratio	• Rakennuksen lattian bruttopinta-ala tulee olla vähintään 2 % projektin tontin bruttoalasta.

Kuva 5. LEED-luokituksen vähimmäisvaatimukset projektille.

Pakolliset krediitit on merkitty kategorioissa prerequisite-tunnuksella. Huomattavaa on, että sertifikaatin saaminen edellyttää kaikkien rakennustyyppille pakollisten krediittien vaatimusten täyttämistä. Pisteitä ei pakollisista krediiteistä ole jaossa. [10, s. xiv; 14.]

Pakolliset krediitit on esitetty kootusti rakennusluokitusten mukaisesti jaoteltuina taulukossa 1. Vakiintuneiden suomennosten puuttumisen vuoksi krediiteistä käytetään LEED-järjestelmän mukaisia englanninkielisiä nimiä. Sähkösuunnitteluun liittyen ainoa pakollinen vaatimus on energiatehokkuutta käsittelevä EA Prerequisite 2 Minimum Energy Performance -krediitti, jota käsitellään tarkemmin muiden pakollisten krediittien esittelyn jälkeen.

Taulukko 1. LEED-luokituksen edellyttämät pakolliset krediitit.

		NC	SCH	CS
SS Prerequisite 1	Construction Activity Pollution Prevention	x	x	x
SS Prerequisite 2	Environmental Site Assessment		x	
WE Prerequisite 1	Water Use Reduction	x	x	x
EA Prerequisite 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems	x	x	x
EA Prerequisite 2	Minimum Energy Performance	x	x	x
EA Prerequisite 3	Fundamental Refrigerant Management	x	x	x
MR Prerequisite 1	Storage and Collection of Recyclables	x	x	x
IEQ Prerequisite 1	Minimum Indoor Air Quality Performance	x	x	x
IEQ Prerequisite 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	x	x	x
IEQ Prerequisite 3	Minimum Acoustical Performance		x	

Ensimmäisessä pakollisessa krediitissä tarkoituksena on vähentää rakentamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia rajoittamalla maaperän eroosiota, vesien sedimentaatiota sekä ilmassa leijuvan pölyn syntymistä. Vaatimuksen täyttämiseksi tulee laatia kaikkea rakentamista koskeva suunnitelma eroosion ja sedimentaation hallintaan. [10, s. 5; 15.]

SS-kategorian toinen krediitti on pakollinen ainoastaan Schools-rakennusluokassa. Vaatimuksen tarkoituksena on varmistaa, että kohteen ympäristön saastuneisuus arvioidaan, ja että saastunut ympäristö korjataan lasten terveyden suojelemiseksi. Vaatimuksen täyttämiseksi tontilla on suoritettava ASTM-organisaation standardin mukaiset tutkimukset. [10, s. 13.]

WE-kategorian krediitin tarkoituksena on lisätä vedenkäytön tehokkuutta rakennuksissa ja siten vähentää kuormitusta kunnallisissa vesi- ja jätevesijärjestelmissä [10, s. 165].

EA-kategorian ensimmäisen krediitin tavoitteena on varmistaa, että kaikki rakennuksen energijärjestelmät toimivat omistajan vaatimusten mukaisesti. Tätä varten projektiin tulee nimetä vastaanottovalvoja, joka tarkistaa ja johtaa vaatimusten täyttymistä. EA-kategorian kolmannella krediitillä pyritään vähentämään otsonikatoa kieltämällä ilma-kehälle haitallisten CFC-yhdisteiden eli freonien käyttö kokonaan kylmäaineissa. [10, s. 217, s. 251, 15.]

MR-kategorian pakollisessa krediitissä käsitellään rakennuksen käyttäjien tuottamien kaatopaikalle päätyvien jätteiden määrän vähentämistä. Vaatimuksena on helppokäyttöisten kierrätysmahdollisuuksien tarjoaminen. [10, s. 339.]

IEQ-kategorian ensimmäisessä pakollisessa krediitissä kehoitetaan määrittelemään vähimmäistaso sisäilman laadulle. Tarkoituksena on parantaa sisäilman laatua ja siten edesauttaa rakennuksen käyttäjien hyvinvointia. Toisessa pakollisessa krediitissä tähdätään tupakansavulle altistumisen ehkäisemiseen. NC- ja CS-luokissa pyritään estämään tai vähentämään rakennuksen käyttäjien ja sisäpintojen altistuminen savulle sekä estämään savun joutuminen ilmanvaihtojärjestelmään, kun taas Schools-luokassa tupakansavu pyritään eliminoimaan täysin. [10, s. 407, s. 415.]

Viimeinen IEQ-kategorian pakollisista krediiteistä on vaatimus ainoastaan Schools-luokassa. Vaatimukset käsittelevät tilojen akustiikkaa tavoitellen taustaaniltään ja kaiultaan hiljaista ja kommunikointia edistävää ympäristöä luokkatiloissa ja opetustilanteissa. [10, s. 423.]

Sähkösuunnittelun kannalta merkittävät pakolliset vaatimukset tulevat EA-kategorian toisessa krediitissä. EA Prerequisite 2 Minimum Energy Performance -krediitin tarkoituksena on määrittellä rakennuksen ja sen järjestelmien energiatehokkuudelle minimitaso, jotta voidaan vähentää sekä energiankulutuksesta ympäristölle aiheutuvia että taloudellisia vaikutuksia. Vaihtoehtoina krediitin vaatimuksien täyttämiseksi on joko koko rakennuksen energiasimulointi tai määrättyjen energiaoppaiden noudattaminen. Lisäksi Schools-luokassa vaatimuksena on asettaa energiatehokkuudelle tavoitearvo käyttäen Yhdysvaltain ympäristösuojeluvirasto EPA:n Target Finder -laskuria.

Koko rakennuksen energiasimuloinnissa tulee osoittaa uudisrakennuksissa olevan kymmenen ja saneerauskohteissa viisi prosenttia pienempi energiankulutus kuin ASHRAE 90.1-2007 -standardin mukaisessa vertailurakennuksessa. Laskentamenetelmät

on esitetty ASHRAE-standardin *Informative Appendix G: Performance Rating Method* -liitteessä. Lisäksi on täytettävä ASHRAE-standardin pakolliset vaatimukset liittyen ovi- en ja ikkunoiden ilmapuotoihin, LVI-laitteiden energiatehokkuuteen ja asennuksiin, jännitteenalenumaan, valaistuksenohjaukseen ja valaistustehoihin sekä sähkömoottoreiden energiatehokkuuteen.

Vaihtoehtoisesti krediitin vaatimuksen voi täyttää noudattamalla rakennustyyppille määrityn energiaoppaan vaatimuksia. NC- ja CS-luokissa voidaan käyttää kohteen tyyppin mukaan valittua ASHRAE Advanced Energy Design Guide -opasta, Schools-luokassa koulurakennuksille tarkoitettua ASHRAE Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings -opasta ja kaikissa kolmessa luokassa terveydenhuollon kohteita, varastoja ja laboratorioita lukuun ottamatta yhdysvaltalaisen New Building Institute -organisaation Advanced Buildings™ Core Performance™ Guide -opasta.

Rakennusten energiatehokkuutta käsitellään myös EA-kategorian Optimize Energy Performance -krediitissä, jossa energiansäästövaatimusten täyttämistä voi ansaita pisteitä. [10, s. 237–248; 15; 16, s. 175.]

### 3.2 Sähkösuunnitteluun liittyvät LEED-krediitit

Sähkösuunnittelun kannalta merkittäviä krediittejä löytyy varsinaisista pistekategorioista yhteensä seitsemän. Kaikki NC-, CS- ja SCH-luokkien LEED-krediitit on esitetty liitteen 1 taulukoissa.

Krediittien vaatimuksiin sisältyy usein viitteitä yhdysvaltalaiseen ASHRAE-standardiin sekä muihin ulkopuolisiin lähteisiin, mikä hankaloittaa vaatimusten laajuuden käsittämistä. Lisäksi LEED-oppaassa *LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction* korostetaan, että sertifikaattiin pyrkiessä on tärkeää ymmärtää krediittien ja käytettyjen ratkaisujen liittyminen toisiin krediitteihin. Toisen krediitin vaatimusten täyttäminen voi auttaa jonkin toisen krediitin vaatimuksissa ja vastaavasti vaatimusten ohittaminen vaikeuttaa toisen krediitin vaatimusten täyttämistä. [10.]

Krediittien ja vaatimusten hahmottamisen helpottamiseksi kaikki sähkösuunnitteluun liittyvät krediitit, viittaukset sekä linkitykset toisiin sähkösuunnitteluun liittyviin krediittei-

hin on krediittien esittelyn lisäksi esitetty kootusti liitteen 2 taulukossa. Taulukkoon on kerätty myös viitatus ASHRAE-standardin luvun numero.

### 3.2.1 SS Credit 4.3 Alternative Transportation – Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles

Yksi SS-kategorian neljästä vaihtoehtoista liikennettä koskevista krediiteistä keskittyy vähäpäästöisiin ja vähän kuluttaviin ajoneuvoihin. Tarkoituksena on vähentää ajoneuvojen käytöstä aiheutuvia saasteita sekä maankäytön tarvetta. Pisteitä on NC- ja CS-luokissa jaossa kolme ja SCH-luokassa kaksi.

Vaihtoehtoiset ratkaisut krediitin pisteiden saamiseksi liittyvät linjaukseen parhaiden pysäköintipaikkojen varaamisesta vain vähäpäästöisten ajoneuvojen käyttöön, vähäpäästöisten ja vähän kuluttavien ajoneuvojen tarjoamiseen rakennuksessa täysipäiväisesti oleskelevien tai työskentelevien käyttöön sekä vaihtoehtoisten polttoaineiden suosimiseen.

NC- ja CS-luokassa krediitin pisteet voidaan saavuttaa tarjoamalla vaihtoehtoisten polttoaineiden tankkausmahdollisuus kolmelle prosentille kaikista pysäköintipaikoista. Koska sähkön käyttö lukeutuu vaihtoehtoihin polttoaineisiin, voidaan krediitin pisteet saada tarjoamalla riittävä määrä sähköautojen latauspisteitä. [10, s. 61; 15.]

### 3.2.2 SS Credit 8 Light Pollution

SS-kategorian krediitti hukkavalon ja häiriövalon vähentämisestä on sähkö- ja valaistussuunnittelun kannalta merkittävä. Tarkoituksena on minimoida tahaton ympäristön valaiseminen ja taivaankannen valottuminen, parantaa yönäkyvyyttä vähentämällä häikäisyä sekä vähentää keinovalon vaikutuksia yölliseen luontoon.

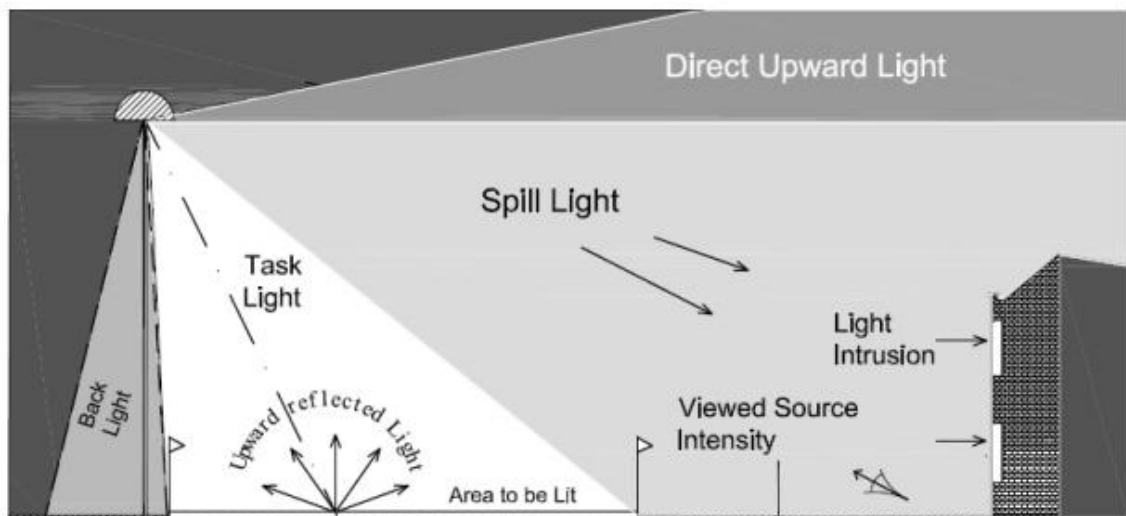
Kussakin luokassa on krediitissä jaossa yksi piste. Sisävalaistuksen osalta vaatimuksen täyttämiseen on annettu kaksi vaihtoehtoa, ja lisäksi pisteen saamiseksi tulee täyttää ulkovalaistusta koskevat vaatimukset.

Sisävalaistuksen osalta vaihtoehtona on joko kytkeä pois päältä tai himmentää rakennuksen aukoista kuten ikkunoista ja lasirakenteista ulos näkyvä valaistus klo 23–05 välisenä aikana automaattisesti tai estää valon pääsy ulos rakennuksen aukoista yöai-

kana käyttämällä automaattisia verhoja tai muita suojuksia. Käytettäessä automaattista himmennystä saa valaistuksen tehonkulutus olla yöaikaan enintään puolet päivävalaistuksen tasosta. Pois päältä kytketyn tai himmennetyt valaistuksen automatiikka voi olla ohitettavissa manuaalisesti tai läsnäolotunnistimella edellyttäen, että ohitus kestää enimmillään 30 minuuttia. Vaatimukset eivät koske hätävalaistusta.

Huomattavaa on, että CS-luokassa vaatimus valaistuksen himmentämisestä tai pois-kytkemisestä koskee vain niitä valaisimia, jotka kuuluvat Core & Shell -suunnitteluun. Mikäli tilan käyttäjä tai vuokralainen vastaa kaikista sisätilojen valaisimista, katsotaan vaatimus sisävalaistuksen osalta täytetyksi.

Ulkovalaistuksen osalta LEED-oppaassa kehoitetaan valaisemaan vain ne alueet, jotka on turvallisuuden ja viihtyvyyden vuoksi tarpeen valaista. Valaistuksen suuntaamiselle ja rajaamiselle, valaistusteholle sekä ohjaustavoille on määritetty raja-arvot ja ohjeistus. Valaistavan alueen, valonlähteestä ylöspäin suuntautuvan valon, hukkavalon sekä häiritseväksi koetun valon suhteita on esitetty kuvassa 6. [10, s. 129–131.]



Kuva 6. Ylöspäin suuntautuva valo, hukkavalon ja häiriövalo. [17.]

Ulkovalaistuksen ohjauksen tulee täyttää ASHRAE 90.1-2007 -standardissa annetut vaatimukset. Standardin mukaan ulkovalaistuksella tulee olla automaattinen ohjaus, joka kytkee valaistuksen pois päältä silloin, kun päivänvalo on saatavissa riittävästi sekä silloin, kun valaistusta ei yöaikana tarvita. Ulkovalaistuksen ohjaamisessa tulee käyttää joko valoisuusanturia, valoisuusanturin ja aikakytkimen yhdistelmää tai kytkintä, johon on ohjelmoitu auringon nousu- ja laskuajat. Kytkinten tulee säilyttää ohjelmointi ja

aika-asetukset myös sähkönjakelun häiriöiden aikana. Turvallisen liikkumisen takaamiseksi standardin vaatimukset eivät koske rakennusten sisäänajojen tai parkkialueiden valaistusta eikä turvavalaistusta.

Ulkovalaistuksen valaistusteho pinta-alaa kohti ei saa ylittää ASHRAE-standardissa määriteltyjä tasoja. Raja-arvot on esitetty liitteen 3 taulukossa  $W/ft^2$ -arvoina alueiden mukaan jaoteltuina. Raja-arvot eivät koske ASHRAE-standardissa mainittuja erikoisvalaistuksia, kuten valomainoksia, liikenteen ohjaukseen liittyvää valaistusta, urheilukenttien valaistusta tai monumenttien ja historiallisten rakennusten valaistusta. [10, s. 129–133; 16, s. 58–61.]

Valon suuntaamiseen ja häiriövaloon liittyvät rajoitukset on annettu valoisuusluokkien mukaan. Kohteen ympäristö tulee määrittää joko pimeäksi (*LZ1*), valoisuudeltaan vähäiseksi (*LZ2*), keskimääräiseksi (*LZ3*) tai hyvin valoisaksi alueeksi (*LZ4*). Kullekin valoisuusluokalle on annettu raja-arvot sekä vertikaaliselle että horisontaaliselle valaistusvoimakkuudelle tontin rajalla ja sen ulkopuolella sekä määritelty, kuinka suuri osa valaisimista saa tuottaa ylöspäin suuntautuvaa valoa. Valoisuusluokat sekä niitä koskevat vaatimukset on esitetty kuvassa 7.

Tontin rajan ja sen ulkopuolisen alueen sallitulla valaistusvoimakkuudella tarkoitetaan kaikkien tontilla sijaitsevien ulkovalaisimien – mukaan lukien rakennuksiin kiinnitettyjen valaisinten – yhdessä tuottamaa valaistusvoimakkuutta. Ylöspäin suuntautuvan valon osuudella tarkoitetaan kaikkien ulkovalaisimien tuottaman kokonaisvalovirran yli 90 asteen kulmassa vertikaalitasosta suuntautuvaa osuutta.

Tontin rajalla ja sen ulkopuolella sallitut valaistusvoimakkuuden arvot ovat lähes olemattoman pieniä, mikä tekee LEED-luokituksen mukaisesta ulkovalaistuksen suunnittelusta haastavaa. Vaatimuksissa ei myöskään ole huomioitu esimerkiksi valaistuksen tuottamaa hyötyä tontin rajan välittömässä läheisyydessä sijaitseville yleisille kulkuväylille ja muille alueille.

SCH-luokassa valon suuntaamiselle ja ympäristön valaisemiselle on annettu NC- ja CS-luokista poikkeavat raja-arvot. Rajoitukset valaistustehossa eivät koske koulujen kenttiä tai ulkoliikunta-alueita, mutta näiden alueiden valaistuksella tulee olla automaattinen poiskytkentä yöaikaan.

LZ1 Dark	LZ2 Low	LZ3 Medium	LZ4 High
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pimeät alueet, kuten luonnontilaiset ympäristöt, luonnonpuistot ja maaseutu</li> <li>• Horisontaalinen ja vertikaalinen valaistusvoimakkuus tontin rajalla ja sen ulkopuolella saa olla korkeintaan 0,1 lx.</li> <li>• Ylöspäin suuntautuvan valon osuuden tulee olla 0 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoisuudeltaan vähäiset alueet kuten asuinalueet ja liike-elämän sekä pienteollisuuden alueet, joilla yöaikainen käyttö on rajallista</li> <li>• Horisontaalinen ja vertikaalinen valaistusvoimakkuus tontin rajalla saa olla korkeintaan 1,0 lx.</li> <li>• Horisontaalinen valaistusvoimakkuus 3 m tontin rajan ulkopuolella saa olla korkeintaan 0,1 lx.</li> <li>• Ylöspäin suuntautuvan valon osuus saa olla korkeintaan 2 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaikki alueet, jotka eivät sovi vyöhykkeiden LZ1, LZ2 tai LZ4 määrittelyihin</li> <li>• Horisontaalinen ja vertikaalinen valaistusvoimakkuus tontin rajalla saa olla korkeintaan 2,0 lx.</li> <li>• Horisontaalinen valaistusvoimakkuus 4,5 m tontin rajan ulkopuolella saa olla korkeintaan 0,1 lx.</li> <li>• Ylöspäin suuntautuvan valon osuus saa olla korkeintaan 5 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoisat alueet kuten liike-keskusten ja kaupunkien ydinkeskustojen alueet</li> <li>• Horisontaalinen ja vertikaalinen valaistusvoimakkuus tontin rajalla saa olla korkeintaan 6,5 lx.</li> <li>• Horisontaalinen valaistusvoimakkuus 4,5 m tontin rajan ulkopuolella saa olla korkeintaan 0,1 lx.</li> <li>• Ylöspäin suuntautuvan valon osuus saa olla korkeintaan 5 %.</li> </ul>

Kuva 7. Valon suuntaukseen ja häiriövaloon liittyvät raja-arvot valoisuusluokittain.

LEED-oppaassa suositellaan, että pimeillä alueilla maisemaa ja ympäristöä ei valais-taisi lainkaan ja rakennuksiakin vain välttämättömissä tapauksissa. Valoisuudeltaan keskimääräisillä ja hyvin valoisilla alueilla julkisivuja ja ympäristöä kehotetaan valaise-maan sellaisilla alueilla, joissa on jalankulkua, mutta joissa hukkavallo ei todennäköi-sesti aiheuta ongelmia. Jopa hyvin valoisilla alueilla, kuten kaupunkien keskustoissa, kehotetaan minimoimaan muun kuin tarpeellisen valaistuksen käyttäminen yöaikaan. Siihen, milloin valaiseminen on tarpeellista tai tarpeetonta, ei LEED-oppaassa oteta kantaa. Krediitin tarkoituksena voidaankin ajatella olevan se, että suunnittelussa yli-päänsä kiinnitettäisiin huomiota myös valaistuksen mahdollisesti häiritseviin vaikutuk-siin. [10, s. 129–140.]

### 3.2.3 EA Credit 1 Optimize Energy Performance

EA-kategorian energiatehokkuuden optimointiin liittyvän krediitin tarkoituksena on nostaa energiatehokkuutta edelleen pakollisen EA Prerequisite 2 -krediitin tasosta ja vähentää täten energiankulutukseen liittyviä ympäristövaikutuksia ja taloudellisia vaikutuksia. NC- ja SCH-luokassa krediitistä on mahdollista saada 1–19 pistettä ja CS-luokassa 3–21 pistettä.

Koska krediitti täydentää pakollista krediittiä, ovat vaihtoehdot vaatimusten täyttämiseksi samat kuin EA Prerequisite 2 -krediitissä: koko rakennuksen energiasimulointi tai määrättyjen energiaoppaiden noudattaminen.

Koko rakennuksen energiasimulointivaihtoehdossa pisteet jakautuvat säästettyjen energiakustannusten mukaisesti. Uusissa rakennuksissa 12–48 % ASHRAE-standardin mukaista vertailurakennusta pienemmästä energiankulutuksesta ja saneerauskohteissa 8–44 % pienemmästä kulutuksesta saa NC- ja SCH-luokissa 1–19 pistettä ja CS-luokassa 3–21 pistettä.

Energiaoppaista NC- ja CS-luokissa ASHRAE Advanced Energy Design Guide -oppaiden vaatimusten noudattamisesta voi saada yhden pisteen, SCH-luokassa ASHRAE Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings -opasta noudattamalla yhden pisteen ja kaikissa kolmessa luokassa Advanced Buildings™ Core Performance™ Guide -oppaan vaatimukset toteuttamalla yhdestä kolmeen pistettä.

Lisäpisteen ID-kategoriassa voi saada osoittamalla koko rakennuksen energiasimuloinnissa uudisrakennuksella olevan vähintään 50 % ja saneerauskohteella 45 % pienempi energiankulutus kuin ASHRAE 90.1-2007 -standardin mukaisessa vertailurakennuksessa. [10, s. 257–266, s. 284; 15.]

### 3.2.4 EA Credit 2 On-Site Renewable Energy

Krediitin tarkoituksena on rohkaista tuottamaan uusiutuvaa energiaa paikallisesti kohteen tontilla tuomalla esiin uusiutuvan energian tuotantoon liittyviä mahdollisuuksia ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä johtuvia ympäristövaikutuksia. Uusiutuvan energian tuottamisessa voidaan käyttää aurinko-, tuuli- ja bioenergiaa sekä geotermistä energi-

aa ja lämpöä (kuva 8). Myös aalto- ja vuorovesienergiaa voidaan käyttää, mutta näiden energialähteiden valjastamiselle ei Suomessa ole sopivia olosuhteita. [10, s. 289; 18.]

Vaatuksena on todeta laskemalla, kuinka suuri osuus prosentteina vuosittaisesta kokonaisenergiankulutuksesta katetaan tontilla tuotetulla uusiutuvalla energialla. CS-järjestelmässä yhden prosentin osuudella saadaan neljä pistettä ja NC- ja SCH-järjestelmissä 1–13 % osuudella 1–7 pistettä.



Kuva 8. Uusiutuvia energialähteitä.

Lisäpisteen ID-kategoriassa voi saavuttaa osoittamalla, että tontilla tuotettu uusiutuva energia kattaa NC- ja SCH-luokissa vähintään 15 % ja CS-luokassa vähintään 5 % rakennuksen vuosittaisista energiakustannuksista. [10, s. 289–294.]

### 3.2.5 EA Credit 5 Measurement and Verification

Krediitin tarkoituksena on saada aikaan pysyvä seuranta rakennuksen energiankulutukseen, jotta energiatehokkuus säilyisi rakennuksen koko elinkaaren ajan. EA Credit 5 on tarkoitettu NC- ja SCH-luokille. CS-luokan vastaavat krediitit ovat EA Credit 5.1 ja EA Credit 5.2.

NC-luokassa krediitistä on jaossa kolme ja SCH-luokassa kaksi pistettä. Vaatimuksena on kehittää ja ottaa käyttöön International Performance Measurement & Verification Protocol Volume III -oppaan mukainen mittaus- ja tarkistussuunnitelma, joka käsittää ajallisesti vähintään yhden vuoden rakennuksen valmistumisen jälkeen. [10, s. 315.]

### 3.2.6 EA Credit 5.1 Measurement and Verification – Base Building

EA Credit 5.1 -krediitti koskee rakennukseen liittyvän mittaus- ja tarkistussuunnitelman laatimista CS-luokassa. Krediitistä on mahdollista saada kolme pistettä.

Vaatimuksena on kehittää ja ottaa käyttöön International Performance Measurement & Verification Protocol Volume III -oppaan mukainen mittaus- ja tarkistussuunnitelma. Lisäksi on tuotettava dokumentaatio, joka sisältää kuvauksen suunnitelman perusrakenteesta, osoituksen mittauspisteiden sijainnista, käytettyjen mittalaitteiden spesifikaatiot, kaavion mittauksen käyttötarkoituksista sekä selvän ohjeistuksen vuokralaisten mittauksia varten. [10, s. 316; 15.]

### 3.2.7 EA Credit 5.2 Measurement and Verification – Tenant Submetering

EA Credit 5.2 -krediitti koskee vuokralaiseen liittyvän mittaus- ja tarkistussuunnitelman laatimista CS-luokassa. Krediitistä on mahdollista saada kolme pistettä.

Vaatimuksena on, että perusrakennuksen mittausjärjestelmää voidaan jatkossa laajentaa vuokralaisen erillistä energiamittausa varten Commercial Interiors -luokan EA Credit 3 Measurement and Verification -krediitin vaatimusten mukaisesti.

CI-luokan EA Credit 3 Measurement and Verification -krediitissä alle 75 % koko rakennuksen pinta-alasta kattaville tiloille on vaatimuksena asentaa erillinen energiamittaus vuokralaisen tiloihin sekä neuvotella sopimus, jossa vuokralainen maksaa energiankuluksestaan erillisesti eikä osana tilavuokraa. Vaatimusten täyttämiseksi riittää, että toinen mainituista ratkaisuista toteutetaan. Vähintään 75 % koko rakennuksen pinta-alasta kattaville projekteille vaatimuksena on asentaa jatkuvalle energiankäytölle mittaus, joka koskee vaatimuksessa mainittuja loppukäyttöjä kuten valaistus, moottoreiden kuormitus, taajuusmuuttajakäytöt, jäähdytys ja lämmitys. Kummassakin kokoluokassa

tulee lisäksi kehittää ja ottaa käyttöön International Performance Measurement & Verification Protocol Volume I -oppaan mukainen mittaus- ja tarkistussuunnitelma.

EA Credit 5.2 -krediitissä vaatimuksena on lisäksi tuottaa vuokralaisille mittaus- ja tarkistussuunnitelma, joka kertoo erillisen energiamittauksen mahdollisuudesta ja mahdollisista hyödyistä. Vuokralaisen erillisen energiamittauksen tarkoituksena on, että vuokralainen näkee kulutuksen ja energian säästämisen vaikutukset kustannuksiin. [10, s. 317–319; 19, s. 187.]

### 3.2.8 EA Credit 6 Green Power

Krediitin tarkoituksena on rohkaista uusiutuvilla energiamuodoilla tuotetun sähkön käyttöön. Vaatimusten täyttämällä on NC-, SCH- ja CS-luokissa kussakin mahdollisuus kahteen pisteeseen.

Vaatimuksena on tehdä vähintään kahden vuoden sopimus uusiutuvilla energianlähteillä tuotetusta sähköstä, jolla tulee kattaa vähintään 35 % rakennuksen sähkötarpeesta. Kulutus voidaan laskea joko EA Credit 1 Optimize Energy Performance -krediitin energiasimuloinnista tai Yhdysvaltain energiaministeriön *U.S. Department of Energy*:n Commercial Buildings Energy Consumption Survey -tietokannan arvojen perusteella.

Krediitissä pyritään varmistamaan ja jäljittämään uusiutuvan energian alkuperä vaatimalla, että kohteessa käytettävä uusiutuvien lähteiden energia on sertifioitua. Sertifiointiksi hyväksyttiin aluksi vain Yhdysvaltain kansallinen Green-e Energy -sertifiointi (kuva 9) tai kyseisen sertifiointin vaatimusten täyttäminen, mikä teki krediitin vaatimusten täyttämisen Yhdysvaltojen ulkopuolella sijaitsevilla projekteilla jopa mahdolliseksi. Sittemmin krediitin vaatimuksissa on hyväksytty myös koko Euroopan sähkömarkkinat kattavan suomalaislähtöisen EKOenergia-merkityn tai EU-direktiiviin perustuvan Guarantees of Origin -sertifioidun sähkön ostaminen.



Kuva 9. Esimerkki Green-e Energy -sertifiointista. [22.]

Krediitistä on mahdollista saada lisäpiste ID-kategoriassa osoittamalla uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuuden olevan 70 % kulutuksesta. [10, s. 325–330; 15; 20, s. 81–83; 21.]

### 3.2.9 IEQ Credit 6.1 Controllability of Systems – Lighting

Krediitin tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman monelle yksittäiselle käyttäjälle tai yhteisessä tilassa toimivalle ryhmälle valaistuksenohjausmahdollisuus sekä lisätä tietoutta ohjauksen tuomista hyödyistä käyttäjämukavuuteen ja energiankulutukseen liittyen. Käyttämällä työtehtävään tai esiintymistilanteeseen sopivaa valaistustilannetta voidaan käyttäjämukavuuden lisäämisen ohella vähentää valaistuksesta aiheutuvaa energiankulutusta ja lämpökuormaa. Krediitistä on mahdollista saada yksi piste NC- ja SCH-luokissa.

NC-luokassa vaatimuksena on tarjota henkilökohtainen valaistuksenohjaus vähintään 90 %:lle rakennuksen käyttäjistä yksilöllisten tarpeiden ja mieltymysten huomioimiseksi. Minimissään henkilökohtaisella ohjauksella tarkoitetaan mahdollisuutta kytkeä työpisteen valaisin päälle ja pois päältä. Kaikissa useiden käyttäjien yhteisissä tiloissa kuten neuvottelu-, koulutus- ja konferenssitiloissa tulee lisäksi olla valaistuksenohjausmahdollisuus, jota vaatimuksessa ei ole tarkemmin määritelty. Käytettäessä päivänvaloa

valaistuksen osana tulee lisäksi huomioida häikäisy ja päivänvalon rajoittaminen esimerkiksi esitystilanteissa.

SCH-luokassa vaatimuksena on tarjota henkilökohtainen valaistuksenohjaus vähintään 90 %:lle käyttäjistä hallinnollisissa tiloissa sekä muissa vastaavissa tiloissa, joissa oleskellaan säännöllisesti. Lisäksi ohjausmahdollisuus tulee tarjota kaikissa opetustiloissa mukaan lukien laboratoriotilat sekä liikuntasalit. Luokahuoneissa valaistusta ohjaamalla täytyy pystyä mahdollistamaan normaalin valaistustilanteen lisäksi ainakin esitystilanteisiin soveltuva valaistus. [10, s. 519–522.]

### 3.2.10 ID Credit 1 Innovation in Design

Ensimmäisessä ID-kategorian krediitissä on NC- ja CS-luokissa mahdollisuus 1–5 pisteeseen ja SCH-kategoriassa 1–4 pisteeseen. Vaihtoehtoisia tapoja pisteiden saamiseksi voidaan yhdistää vapaasti.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa pisteitä voidaan saavuttaa käyttämällä innovatiivisia ratkaisuja. Jokaisesta innovatiivisesta ratkaisusta, jonka merkittävät ympäristöhyödyt voidaan todeta esimerkiksi mittaamalla, voi saada yhden pisteen siten, että pisteitä saa NC- ja SC-luokissa enintään viisi ja SCH-luokassa enintään neljä. Pisteiden saamiseksi tulee ehdottaa omaa ID-krediittiä määrittelemällä krediitin tarkoitus, krediitille esitetyt vaatimukset ja osoitukset vaatimusten täyttämiseksi sekä menettelytavat, joilla vaatimukset voidaan täyttää.

Toisessa vaihtoehdossa pisteitä voidaan saada joidenkin krediittien tai pakollisten vaatimusten tason merkittävästä ylittamisestä kussakin krediitissä mainittujen prosentiosuuksien tai muiden määreiden mukaisesti. Sähkösuunnittelun kannalta merkittävistä krediiteistä ID-kategorian lisäpisteitä voidaan saada krediiteistä EA Credit 1, EA Credit 2 sekä EA Credit 6. Kunkin krediitin vaatimusten ylittämällä voidaan ansaita yksi piste siten, että vaihtoehdosta saatavia pisteitä tulee yhteensä enintään kolme.

Kolmantena vaihtoehtona voidaan kokeilla vasta pilottivaiheessa olevan krediitin vaatimusten täyttämistä. Pilottivaiheessa olevia krediittejä voi selata USGBC:n internetsivustolla. Vaatimusten täyttämistä voi yrittää useissa eri krediiteissä, mutta pisteitä voi saada vain yhden. [10, s. 593–594.]

### 3.2.11 ID Credit 2 LEED Accredited Professional

Krediitin vaatimuksen täyttämiseksi vähintään yhden projektissa toimivan suunnittelijan, arkkitehdin, konsultin tai muun henkilön tulee olla LEED-järjestelmän valtuuttama asiantuntija (*LEED Accredited Professional, AP*). Valtuutettu asiantuntija voi ohjata LEED-luokitukseen liittyvissä asioissa sekä tarvittavassa dokumentoinnissa ja täten helpottaa haku- ja sertifiointiprosessia. Krediitistä on kussakin luokassa mahdollista saada yksi piste. [10, s. 597–598.]

### 3.3 LEED-sertifiointin uudistuminen

Vihreän rakentamisen toimintatavat kehittyvät jatkuvasti uudistuvan teknologian myötä. Mahdollisuudet entistä energiatehokkaampiin ja vähemmän ympäristöä kuormittaviin ratkaisuihin vaativat sertifiointijärjestelmiä kehittymään vastaavasti ympäristövaikutusten mittareina. LEED-järjestelmää pyritään kehittämään jatkuvasti päivittämällä krediittien vaatimuksia ja luomalla kokonaan uusia krediittejä esimerkiksi pilottivaiheiden kautta.

Viimeisintä LEED-ohjelman päivitystä, LEED v4 -järjestelmää, on alettu ottaa käyttöön uusien projektien sertifiointeissa vuoden 2014 aikana. LEED v4 -järjestelmässä luokitusjärjestelmät ja ympäristökategoriat on ryhmitelty uudelleen, uusia krediittejä on lisätty ja käytettyjä yksiköitä vaihdettu. Tässä insinööriyössä käsiteltyjen LEED 2009 -järjestelmän krediittien vaatimuksia on uudistettuun versioon päivitetty ja lisäksi joitakin krediittejä on nimetty uudelleen ja siirretty eri kategorioihin. Myös vaatimusten viittaukset on päivitetty uudistettuun ASHRAE 90.1-2010 -standardiin.

Myös LEED 2009 -järjestelmää kehitetään edelleen. Lokakuussa 2014 julkaistulla *LEED 2009 BD+C Supplemental Reference Guide with Alternative Compliance Paths for Europe* -oppaalla on pyritty helpottamaan Yhdysvaltojen ulkopuolella sijaitsevien kohteiden sertifiointia. Krediittien vaatimuksiin onkin lisätty LEED-järjestelmää täydentäviä vaihtoehtoisia toimintatapoja eurooppalaisissa kohteissa käytettäväksi.

LEED 2009 ja LEED v4 -järjestelmät tulevat toimimaan rinnakkain ennen kokonaan uuteen järjestelmään siirtymistä. Uusia projekteja voidaan rekisteröidä LEED 2009 -sertifiointin hakuprosessiin aina lokakuulle 2016 saakka. Vaikka LEED-järjestelmän uudistuksessa onkin pyritty tarjoamaan entistä toimivampia työkaluja ympäristöystäväl-

liseen rakentamiseen, ovat krediittien vaatimusten lisääntyminen ja tiukentuminen vaikuttaneet LEED v4 -järjestelmän käyttöönottoon sertifiointihankkeissa. Järjestelmän seuraavaa versiota ei kuitenkaan ole odotettavissa lähitulevaisuudessa, joten LEED v4 -järjestelmän käytön voidaan olettaa yleistyvän viimeistään siirtymäajan umpeutumisen lähestyessä. [23; 24; 25.]

### 3.3.1 LEED v4 -järjestelmän luokitusjärjestelmät ja ympäristökategoriat

LEED v4 -järjestelmän rakennustyyppien mukaiset luokitusjärjestelmät ovat

- Building Design + Construction (BD+C)
- Interior Design + Construction (ID+C)
- Building Operations + Maintenance (O+M)
- Neighborhood + Development (N+D)
- Homes.

Building Design + Construction -luokitusjärjestelmä soveltuu sekä uudisrakennuksille että laajasti peruskorjattaville kohteille. Järjestelmä sisältää krediittejä Schools-, Retail- ja Healthcare-luokista, nimitykseltään uudistetuista New Construction and Major Renovation sekä Core and Shell Development -luokista sekä kolmesta kokonaan uudesta luokasta. Uusi Data Centers -luokka ottaa huomioon runsaasti tietoteknisiä laitteita sisältävien kohteiden erityispiirteet, Warehouses and Distribution Centers -luokka varasto- ja tuotantokäytössä olevien rakennuksien erityispiirteet ja Hospitality-luokka hotelli- ja majoituskohteiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät erityispiirteet.

Interior Design + Construction -luokitusjärjestelmä sopii käytettäväksi projekteissa, joissa kohteeseen toteutetaan rakennuksen sisätilojen, esimerkiksi liiketilojen, suunnittelu ja sovitus tilan käyttäjän tarpeisiin. Järjestelmä sisältää Commercial Interiors ja Retail -luokkien krediittejä sekä uuden hotelli- ja majoituskohteiden sisätilojen suunnitteluun keskittyvän Hospitality-luokan krediittejä.

Building Operations + Maintenance -luokitusjärjestelmä on tarkoitettu käytettäväksi olemassa olevien rakennusten perusparannustoimenpiteiden yhteydessä silloin, kun rakennustoiminta on vähäistä tai sitä ei liity projektiin lainkaan.

Neighborhood + Development -luokka soveltuu rakennettujen lähiympäristöjen kehittämiseen ja uusien alueiden suunnitteluun. Homes-luokkaa voidaan käyttää sekä yksittäisten asuntojen että useita asuntoja sisältävien pienten tai keskisuurten rakennusten LEED-sertifioimiseen. [26; 27; 28.]

Krediittien jaottelua on uudistettu uusien ympäristökategorioiden myötä. LEED v4 -järjestelmän sisältämät ympäristökategoriat on esitetty kuvassa 10. Ympäristökategorioiden lyhenteistä ja siten myös krediitteihin viittaavista lyhyistä nimikoodeista on uudistetussa versiossa luovuttu.



Kuva 10. LEED v4 -järjestelmän ympäristökategoriat.

Uusi Integrative Process -kategoria ei sisällä useita krediittejä kuten muut ympäristökategoriat vaan ainoastaan vaatimukset, jotka tähtäävät eri suunnittelualojen yhteistyön kehittämiseen ja parantamiseen esisuunnittelun aikana. Location and transportation -kategoria sisältää aiemmin Sustainable Sites -kategoriaan sisältyneitä sekä kokonaan uusia liikennöintiin, infrastruktuurin parantamiseen sekä palveluiden ja rakennusten sijainnin tärkeyteen liittyviä krediittejä.

Neighborhood + Development -luokassa on lisäksi omat Smart location & linkage, Neighborhood pattern & design ja Green infrastructure & buildings -kategoriat, joiden krediittien on tarkoitus auttaa luomaan jalankulkijaystävällisiä, hyvät liikenneyhteydet sisältäviä sekä vihreitä rakennustapoja kunnioittavia lähiympäristöjä. [26; 29.]

### 3.3.2 Sähkösuunnitteluun liittyvät uudistukset

Merkittävimmät muutokset LEED v4-järjestelmässä verrattuna LEED 2009 -järjestelmään sisältyvät valaistusta ja mittarointia käsitteleviin krediitteihin. Esimerkiksi uusi Interior Lighting -krediitti sisältää LEED 2009 -järjestelmässä Controllability of Systems – Lighting -krediittiin kuuluneiden valaistuksen säädettävyyteen liittyvien vaatimusten lisäksi lukuisia valaistuksen laatua koskevia vaatimuksia. Laatuvaatimuksissa on huomioitu käytettävien valaisimien luminanssi, lamppujen värintoistoindeksi ja elinikä, pintojen heijastavuudet, pintojen keskimääräisten valaistusvoimakkuuksien suhteet sekä suoran ja epäsuoran valaistuksen suhde. Merkittäväksi uudistukseksi voidaan lukea myös häiriövaloon liittyvään Light Pollution Reduction -krediittiin lisätyt valomainoksia koskevat vaatimukset, sillä LEED-järjestelmässä ei aikaisemmin ole puuttunut valomainoksiin lainkaan.

Kaikki LEED v4 -järjestelmän NC-, CS- ja SCH-luokkien krediitit ja niissä saavutettavissa olevat pisteet sekä pakolliset krediitit on esitetty liitteen 4 taulukoissa. Sähkösuunnitteluun liittyvien krediittien uudistukset ja muutokset on esitelty liitteen 5 taulukossa.

## 4 BREEAM

### 4.1 BREEAM-järjestelmä

BREEAM on britannialaisen BRE-organisaation myöntämä vapaaehtoinen ympäristösertifikaatti. Järjestelmän tarkoituksena on asettaa standardi parhaille mahdollisille kestävän suunnittelun, rakentamisen ja käytön toimintatavoille. Tavoitteena on minimoida rakennuksesta ympäristölle aiheutuvia vaikutuksia, lokeroida rakennukset luotettavasti niiden ympäristövaikutusten mukaisesti sekä lisätä kestävän kehityksen mukaisen rakentamisen kysyntää.

BREEAM-sertifioituja kohteita on maailmanlaajuisesti yli 400 000 ja sertifiointiprosessiin rekisteröityjä kohteita jo kaksi miljoonaa. BREEAM-järjestelmää voidaankin pitää yleisimmin käytettynä ja maailmanlaajuisimpana ympäristösertifiointijärjestelmänä. Suomessa sijaitseville kohteille on BREEAM-tietokannan mukaan myönnetty vuodesta 2008 alkaen yhteensä 42 sertifikaattia. [30; 31.]

Järjestelmä on pyritty tekemään maailmanlaajuisesti käyttökelpoiseksi luomalla vihreän rakentamisen ohjeet Britannian lisäksi yleisesti kansainvälisille kohteille soveltuvaksi sekä joillekin maille erikseen räätälöidysti. Oma formaatti on luotu jo Saksaan, Hollantiin, Norjaan, Espanjaan, Ruotsiin ja Itävaltaan.

Maakohtaisen järjestelmän puuttuessa voidaan käyttää BREEAM International -järjestelmiä *International New Construction*, *International Refurbishment*, *In-Use International* sekä *Communities Bespoke International*.

International New Construction (NC) -järjestelmä sopii käytettäväksi uusien rakennuksien kuten liiketilojen, toimistojen, teollisuuden kohteiden ja asuinrakennusten suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Saneerauskohteissa voidaan rakentamisen laajuuden perusteella käyttää joko International New Construction -järjestelmää tai International Refurbishment -järjestelmän alle lukeutuvaa, kaikille saneerauskohteille sekä Core & Shell -tyyppisille projekteille soveltuvaa Europe Commercial -järjestelmää.

In use International -järjestelmä on tarkoitettu olemassa olevien rakennusten käyttökustannusten sekä käytöstä aiheutuvien ympäristövaikutusten minimointiin. Communities

Bespoke International -järjestelmä on tarkoitettu käytettäväksi erittäin laajamittaisia kehityssuunnitelmia sisältävissä projekteissa. Communities Bespoke -järjestelmä räätälöidään UK Communities -järjestelmästä kohdemaan alueelle soveltuvaksi. Britannian ulkopuolella ainoastaan yksi kohde, Malmössa sijaitseva lähes 15 000 m<sup>2</sup> käsittävä asuinalueeksi muutettu entinen teollisuus- ja telakka-alue Masthusen, on saanut Communities -sertifikaatin. Myös erityisille varsinaisten järjestelmien ulkopuolelle jääville uusille rakennuksille, saneerauskohteille ja Core & Shell -tyyppisille kohteille voidaan räätälöidä oma International Bespoke -sertifiointiohjelma.

Tässä insinööriyössä keskitytään BREEAM Europe Commercial 2009 -järjestelmän vaatimuksiin. Europe Commercial -järjestelmässä keskeinen piirre on paikallisten olosuhteiden, käytäntöjen ja standardien huomioiminen. Valtaosassa Suomessa sertifioituista kohteista onkin käytetty Europe Commercial -järjestelmää. Verrattain uuden New Construction -järjestelmän mukaan ei Suomessa vuoteen 2015 mennessä ole sertifioitu yhtään kohdetta. [30; 31; 32; 33; 34.]

#### 4.1.1 BREEAM-sertifikaatti

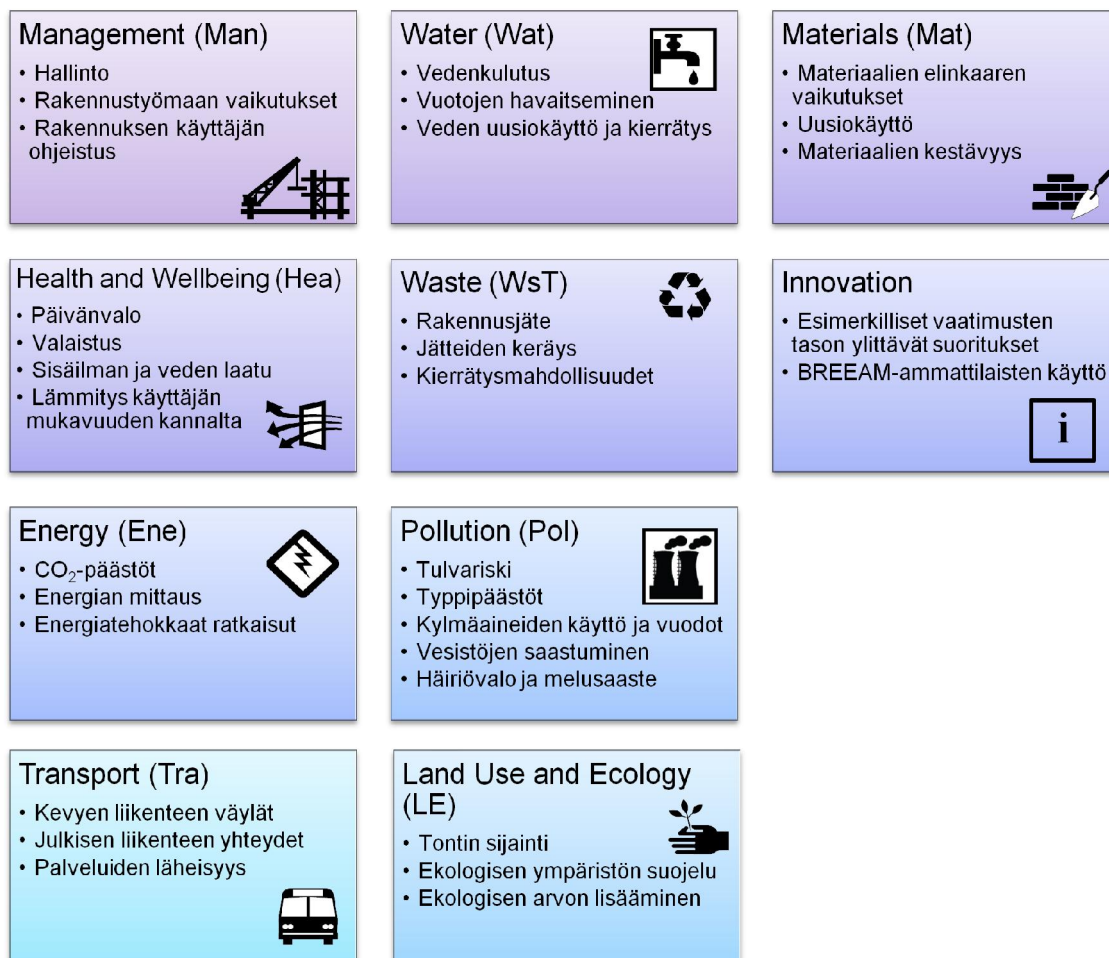
BREEAM-sertifikaatti on kaksivaiheinen. Tyypillisesti ennen kohteen rakennustoiminnan aloittamista myönnettävässä suunnitteluvaiheen Interim BREEAM Certificate -sertifikaatissa arvioidaan rakennuksen ympäristövaikutuksia ja ominaisuuksia suunnitelmien perusteella.

Suunnitteluvaiheen sertifikaatti ei kuitenkaan edusta lopullista, valmistuneen kohteen tasoa. Siksi rakennustöiden valmistuttua voidaan kohteelle myöntää valmistuneen rakennuksen tasoa kuvaava Final BREEAM Certificate -sertifikaatti. Mikäli suunnitteluvaiheen *interim*-tason sertifiointia ei ole hankittu, voidaan *final*-tason sertifikaattia hakea myös yksinään. [35, s. 18.]

#### 4.1.2 Ympäristökategoriat ja pisteytys

BREEAM-järjestelmässä pisteitä eli krediittejä (*credit*) jaetaan kymmenessä ympäristökategoriassa suorituksen tason mukaan. Kategoriat, lyhenteet, joilla kategorioihin viitataan, sekä kategorioiden sisältämät pääkohdat on esitetty kuvassa 11. Kukin kategoria

sisältää lukuisia alakohtia (*issue*), joissa on määritetty suoritustaso ja kriteerit krediittien saamiseksi.



Kuva 11. BREEAM-järjestelmän ympäristökategoriat ja niiden pääkohdat.

Kustakin kategoriasta saadut krediitit painotetaan kategorian tärkeyden mukaan ja saadun yhteistuloksen perusteella rakennukselle määräytyy arvosanaksi joko *Pass*, *Good*, *Very Good*, *Excellent* tai *Outstanding*. Eri arvosanoihin oikeuttavat krediittimäärät on esitetty kuvassa 12. Arvosanojen rajat on esitetty prosentteina krediittien maksimimäärästä. Esimerkki BREEAM-yhteispisteiden laskennasta, painokertoimista sekä arvosanan määräytymisestä on esitetty liitteessä 7.

Innovation-kategorian krediittejä on mahdollista saada täyttämällä eri alakohtiin liittyviä tavallisten vaatimusten tason ylittäviä Exemplary Performance -vaatimuksia. Kohteen kokonaistulokseen voidaan lisätä 1 % jokaisesta Innovation-kategoriassa saadusta

krediitistä aina 10 %:iin asti. Suoraan sähkösuunnitteluun liittyviä Exemplary Performance -vaatimuksia ei kategorioissa kuitenkaan ole.



Kuva 12. BREEAM-luokituksen arvosanat ja niihin oikeuttavat pistemäärät.

Outstanding-luokituksen saamiseksi kohteen on toimittava BREEAM-järjestelmän case study -esimerkkikohteena. Mikäli esimerkkikohteena toimimisesta kieltäydytään, voidaan rakennukselle saavuttaa korkeintaan Excellent-arvosana. [35, s. 13–14, s. 35–41.]

#### 4.1.3 Vähimmäisvaatimukset BREEAM-luokituksen saamiseksi

Krediiitettä voidaan poimia eri kategorioiden alakohdista pääasiassa vapaavalintaisesti, mutta tietyn tason saavuttamiseksi vaaditaan kustakin kategoriasta myös määrättyjen kohtien vaatimusten täyttäminen. Edellytetyt krediitit on esitetty taulukossa 2.

Sähkösuunnitteluun liittyvät pakolliset vaatimukset tulevat alakohdissa *Hea 4 - High frequency lighting*, *Ene 1 - Reduction of CO<sub>2</sub> emissions* sekä *Ene 2 - Sub-metering of substantial energy uses*. Alakohtien vaatimukset on esitelty luvussa 4.2. [35.]

Taulukko 2. Krediittien vähimmäisvaatimukset eri arvosanaluokituksille.

Kategoria ja alakohta	Vaadittujen krediittien määrät arvosanoittain				
	Pass	Good	Very good	Excellent	Outstanding
Man 1 - Commissioning	-	-	-	1	2
Man 3 - Construction site impacts	-	-	-	1	2
Man 4 - Building user guide	-	1	1	1	1
Hea 4 - High frequency lighting	1	1	1	1	1
Ene 1 - Reduction of CO <sub>2</sub> emissions	-	-	-	6	10
Ene 2 - Sub-metering of substantial energy uses	-	-	1	1	1
Ene 5 - Low or zero carbon technologies	-	-	-	1	1
Wat 1 - Water consumption	-	-	1	1	2
Wat 2 - Water meter	-	-	-	1	1
Wst 3 - Storage of recyclable waste	-	-	-	1	1
LE 4 - Impact on site ecology	-	-	-	2	2

#### 4.1.4 Rakennus- ja projektityypit

BREEAM Europe Commercial -järjestelmä sisältää alaluokat toimisto-, teollisuus- ja vähittäismyyntikohteille. Ympäristökategorioiden alakohdissa jaossa olevien krediittien määrä saattaa eri kohteilla poiketa toisistaan.

Teollisuusluokan sertifiointi soveltuu kohteille, jotka sisältävät esimerkiksi varastoja ja jakeluvarastoja, valmistus-, kokoamis- tai pakkauslinjastoja, verstaita tai kulkuneuvojen korjauspajoja. Vähittäismyyntiluokan sertifiointi soveltuu käytettäväksi erilaisten myymälöiden lisäksi muun muassa ravintoloille, kahviloille, postitoimistoille, pankeille ja muille palveluntarjoajakohteille. Toimistoluokan sertifiointi soveltuu käytettäväksi kohteissa, joissa toimistoalue käsittää yli 50 %:a rakennuksen bruttopinta-alasta.

Toimisto-, teollisuus- ja vähittäismyyntin kohteet voivat olla projektityypiltään uudisrakennuksia, saneerauskohteita tai laajennusosia olemassa oleviin rakennuksiin tai näiden kahden yhdistelmiä, monikäyttörakennuksen yksittäisen osan uudisrakennus- ja saneerauskohteita, Core & Shell tai Shell Only -tyyppisiä projekteja tai olemassa olevan rakennuksen Fit Out -tyyppisiä sisätilojen sovitushankkeita.

Ympäristökategorioiden eri alakohtien vaatimukset pätevät pääasiassa kaikille projektityypeille. Erityisesti Core & Shell, Shell Only ja Fit Out only -tyyppien kohteilla tulee kuitenkin kiinnittää huomiota BREEAM-manuaalin *BREEAM Europe Commercial 2009*

*Assessor Manual* alakohdissa ja projektityyppitiedoissa mainittuihin erityisohjeisiin sekä -vaatimuksiin. [35, s. 19–34.]

## 4.2 Sähkösuunnitteluun liittyvät BREEAM-alakohdat

Kaikki BREEAM Europe Commercial -järjestelmän alakohdat on esitetty liitteen 7 taulukossa. Sähkösuunnitteluun liittyviä vaatimuksia esiintyy yhdessätoista alakohdassa. Sähkösuunnitteluun liittyvät alakohdat, joissa ovat krediitit sekä viittaukset toisten alakohtien vaatimuksiin ja BREEAM-järjestelmän ulkopuolisiin materiaaleihin on alakohtien esittelyn lisäksi esitetty kootusti liitteen 8 taulukossa.

### 4.2.1 Hea 4 - High frequency lighting

Hea-kategorian neljännen alakohdan tavoitteena on vähentää loistelamppujen välkkymisestä johtuvia mahdollisia terveyshaittoja. Vaatimusten täyttämistä on mahdollista saada yksi krediitti vähittäismyynti-, toimisto- ja teollisuuskohteissa. Krediitin saaminen on lisäksi pakollinen vaatimus BREEAM-luokituksen saamiseksi.

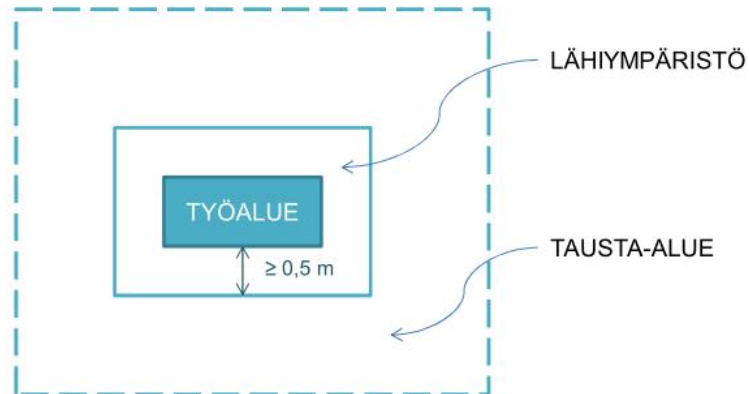
Krediitin saamiseksi kaikki loistelamput tulee varustaa suurtaajuisilla virranrajoittimilla. Käytännössä tämä tarkoittaa elektronisten liitäntälaitteiden käyttöä kaikissa loistelamppuvalaisimissa. Elektronisilla liitäntälaitteilla lampun syöttöjännitteen taajuus saadaan niin suureksi, ettei välkkymistä havaita. [35, s. 69–70.]

### 4.2.2 Hea 5 - Internal and external lighting levels

Hea 5:n tarkoituksena on varmistaa, että kohteen valaistus on suunniteltu parhaiden käytänteiden mukaisesti ja että valaistus mahdollistaa parhaat olosuhteet näkemiselle. Kussakin luokassa vaatimusten täyttämällä voidaan ansaita yksi krediitti.

Sekä sisä- että ulkovalaistuksen osalta tulee osoittaa, että valaistusvoimakkuustasot on määritetty kansallisten vaatimusten ja parhaiden toimintatapojen mukaisesti. Työalueen tausta-alueen valaistusvoimakkuuden tulee lisäksi olla vähintään kolmannes lähiympäristön valaistusvoimakkuudesta. Työalue, tausta-alue ja lähiympäristö on havainnollistettu kuvassa 13.

Valaistusvoimakkuuden tasaisuuden eli valaistusvoimakkuuden suurimman ja pienimän arvon suhteen tulee työskentelyalueilla olla vähintään 0,7 ja työalueiden välittömissä lähiympäristöissä vähintään 0,5. Lisäksi alueilla, joilla käytetään säännöllisesti näyttöpäätteitä, tulee suunnitelmissa olla huomioitu mahdollinen häikäisy erityisesti UGR-häikäisyindeksin raja-arvojen mukaisesti. [35, s. 71–73.]



Kuva 13. Työalue, lähiympäristö ja tausta-alue.

Vaatimukset täyttyvät noudatettaessa sisätilojen työkohteiden valaistuksen standardin SFS-EN 12464-1 sekä ulkotilojen työkohteiden valaistuksen standardin SFS-EN 12464-2 mukaisia valaistusvoimakkuustasoja sekä häikäisyindeksirajoja.

SFS-EN 12464-1 -standardin vaatimukset liiketilojen valaistusvoimakkuustasoista ( $\bar{E}_m$ ), UGR-häikäisyindeksin maksimiarvoista ( $UGR_L$ ), valaistusvoimakkuuden tasaisuuksista ( $U_o$ ) sekä pienimmistä sallituista värinotoindekseistä ( $R_a$ ) on esitetty esimerkkinä taulukossa 3. Myös Hea 5:n vaatimus tausta-alueen ja lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhteesta on esitetty standardissa. [36, s. 20–24, s. 34, s. 54.]

Taulukko 3. Liiketilojen valaistusvaatimustaulukko. [36, s. 54.]

Tila, tehtävä tai toiminta	$\bar{E}_m$ [lx]	$UGR_L$ -	$U_o$ -	$R_a$ -
Myyntialue	300	22	0,40	80
Kassa-alue	500	19	0,60	80
Pakkauspöytä	500	19	0,60	80

#### 4.2.3 Hea 6 - Lighting zones and controls

Hea 6:n tarkoituksena on varmistaa, että käyttäjille on tarjottu kaikilla työpisteillä ja muilla työskentelyalueilla käytännöllinen valaistuksenohjaus. Kussakin luokassa vaatimusten täyttämällä voidaan ansaita yksi krediitti.

Krediitin saavuttamiseksi kohteen valaistus tulee jakaa ohjausalueisiin siten, että käyttäjien on mahdollista ohjata tai säätää kunkin alueen valaistusta erikseen. Valaistusta tulee voida ohjata toimistoalueilla, käytävillä, aulatiloissa, seminaari- ja opetustiloissa sekä kirjastoissa. Kytkimien ja säätimien luota tulee olla suora näköyhteys tilaan, jonka valaistusta ohjataan.

Toimistoalueilla yhteen valaistusohjausalueeseen saa kuulua korkeintaan neljä työpistettä. Lisäksi ikkunoiden tai muiden luonnonvaloa läpäisevien pintojen läheisyydessä sijaitsevien työpisteiden valaistus tulee olla omassa ohjausryhmässään. Mikäli työpisteiden kalustuksen asettelua ei tiedetä, voidaan ohjausalueet jakaa 40 m<sup>2</sup>:n rasterilla olettaen, että jokaista 10 m<sup>2</sup>:n aluetta kohden tulee yhden henkilön työpiste.

Seminaari- ja opetustiloissa esiintymisalueen sekä yleisön alueen valaistusta tulee voida säätää erikseen. Vastaavasti kirjastoissa tulee olla erilliset ohjaukset hyllyjen, lukutilojen sekä lainaustiskien alueiden valaistuksille.

Mikäli kohteeseen kuuluu vain pieniä, alle 40 m<sup>2</sup>:n tiloja, joissa ei ole tarvetta erillisille valaistusohjausalueille, voidaan vaatimukset katsoa täytetyiksi.

Sellaisissa vähittäismyynnin ja teollisuuden kohteissa, joissa toimistotiloja on alle 500 m<sup>2</sup>, kuuluvat valaistuksenohjausta koskevat vaatimukset Hea 14:n alle. [35, s. 74–74.]

#### 4.2.4 Hea 14 - Office Spaces

Hea 14:n tavoitteena on taata hyvät työskentelyolosuhteet vähittäismyynnin sekä teollisuuden kohteisiin liittyvissä pienissä toimistotiloissa. Vaatimusten täyttämällä voi kummassakin projektityypissä ansaita kaksi krediittiä.

Sähkösuunnittelun osalta vaatimuksena ovat Hea 6:n valaistuksenohjausta koskevien vaatimusten täyttäminen kohteen toimistotilojen osalta. [35, s. 98–99.]

#### 4.2.5 Ene 1 - Energy Efficiency

Energiatehokkuuteen keskittyvän Ene 1:n tavoitteena on rohkaista minimoimaan rakennuksen käytöstä aiheutuva energiankulutus. Kussakin luokassa vaatimusten täyttämällä voidaan saada 1–15 krediittiä. Lisäksi Excellent-luokitusta tavoiteltaessa pakollisena vaatimuksena on 6 krediitin saaminen ja Outstanding-luokitusta tavoiteltaessa 10 krediitin saaminen.

Vaatimuksena on määritellä rakennuksen odotettu energiatehokkuus käyttämällä kansallista laskentamenetelmää, energiasimulointiohjelmistoa tai BREEAM Technical Checklist A7 -tarkastuslistaa, mikäli edellisiä vaihtoehtoja ei voida käyttää.

Kansallisen laskentamenetelmän sekä energiasimuloinnin kohdalla rakennukselle määritettyä energiankulutusta verrataan kansallisten normien mukaisesti laadittuun vertailumalliin. Saatavat krediitit määräytyvät sen mukaan, kuinka suuri parannus energiankulutuksessa saadaan vertailumalliin nähden.

Sähkösuunnittelijan vastuulle jäävät usein valaistuksen ja sähkölaitteiden energiankulutukseen liittyvien laskelmien tuottaminen. Energiankulutus voidaan määritellä Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan. [35, s. 100–108.]

#### 4.2.6 Ene 2 - Sub-metering of Substantial Energy Uses

Ene 2:n tarkoituksena on rohkaista asentamaan energiankulutuksen alamittaus, joka auttaa energiankulutuksen seuraamisessa. Kussakin luokassa vaatimusten täyttämisestä on mahdollista saada yksi krediitti. Krediitin saaminen on edellytys tavoiteltaessa arvosanoja *very good*, *excellent* tai *outstanding*.

Vaatimuksena on, että energiankulutuksen alamittaus tai rakennusautomaatiojärjestelmästä saatava mittaus koskee talotekniikan eri järjestelmiä sekä kaikkia runsaasti energiaa kuluttavia käyttäjiä. Mitattavia kohteita ovat lämmitys, lämmitetty käyttövesi, ilmastointi, jäähdytys, suurimmat puhaltimet, valaistus, pientehoiset kulutukset sekä kaikki paljon energiaa kuluttavat kohteet kuten keittiölaitteet, kylmäsäilytystilat, hissit ja liukuportaat sekä erikoisvalaistusta sisältävien teatteri- ja studiotilojen valaistus.

Sähkönkulutuksen erillinen mittaus on varmistettava kaikille nimellisteholtaan yli 50 kW:n kattilajärjestelmille, yli 20 kW:n jäähdytysjärjestelmille, yli 10 kW:n sähköisille ilmastokostuttimille, yli 10 kW:n pumppujen ja puhaltimien jakokeskuksille sekä kaikille yli 50 kW:n jakokeskuksille.

Valaistusta ja pientehoisia kulutuksia voidaan mitata yhteisesti, mikäli mittarointi on kerroskohtainen tai jokaiselle vuokralaiselle erillinen. Kaikkien kulutusmittareiden tulee lisäksi sijaita sellaisessa paikassa, että rakennuksen henkilökunta pääsee ottamaan mittarin lukeman. [35, s. 109–111.]

#### 4.2.7 Ene 3 - Sub-metering of High Energy Load and Tenancy Areas

Tarkoituksena on kannustaa asentamaan energiankulutuksen alamittaus, joka auttaa vuokralaisen tai muun loppukäyttäjän energiankulutuksen seuraamisessa. Kussakin luokassa vaatimusten täyttämistä on mahdollista saada yksi krediitti.

Sähkösuunnittelun osalta vaatimuksena on suunnitella energiankulutusmittarit mittaamaan kunkin vuokralaisen sähkönkulutusta tai, mikäli rakennus on kokonaisuudessaan yhden toimijan käytössä, alueittaiseen sähkönkulutuksen mittaukseen.

Toimistokohteissa alueittaisia mittauskohteita voivat olla esimerkiksi kerroskohtaiset toimistoalueet ja ruokalatilat, teollisuuden kohteissa taas toimistotilat, prosessitilat ja ruokalatilat. Vähittäismyynnin kohteissa erillisiä mittausalueita voivat olla myymäläalueet, varastotilat, kylmävarastot, toimistotilat, ravintola-alueet sekä vuokralaisten osastot. [35, s. 112–113.]

#### 4.2.8 Ene 4 - External Lighting

Ene 4:n vaatimuksilla pyritään kiinnittämään huomioita energiatehokkaiden valaisinten käyttöön kohteen ulkovalaistuksessa. Kussakin luokassa on mahdollista ansaita yksi krediitti.

Ulkovalaistuksen valotehokkuuteen liittyvät vaatimukset on esitetty alueittain taulukossa 4. Esimerkiksi kaikkien rakennusta valaisevien valaisimien lamppujen valotehokkuuden tulee olla vähintään 50 lm/W silloin, kun lampun värintoistoindeksi on vähintään

60 ja vähintään 60 lm/W silloin, kun värintoistoindeksi on alle 60. Valotehokkuuden lm/W -arvolla tarkoitetaan lampun tuottaman valovirran suhdetta lampun ja sen liitäntälaitteen kokonaistehoon. Teholtaan alle 5 W:a olevien pienitehoisten valaisinten tai LED-valaisinten voidaan katsoa täyttävän vaatimukset suoraan, mikäli valaisin tuottaa vastaavan määrän valoa kuin suurempitehoinen, ”perinteinen” ulkovalaisin.

Taulukko 4. Ulkovalaistuksen valotehokkuuteen liittyvät vaatimukset.

<b>Valaistava ulkoalue tai -kohde</b>	<b>Värintoistoindeksi <math>R_a</math></b>	<b>Valotehokkuus [lm/W]</b>
Rakennus, sisääntuloväylät ja kulkutiet	$\geq 60$	$\geq 50$
	$< 60$	$\geq 60$
Pysäköintialueet ja niille johtavat tiet sekä ulkoalueiden valonheittimet	$\geq 60$	$\geq 70$
	$< 60$	$\geq 80$
<b>Valaistava ulkoalue tai -kohde</b>	<b>Ottoteho [W]</b>	<b>Valotehokkuus [lm/W]</b>
Kyltit ja ylöspäin suuntautuvat uplight-valaisimet	$\geq 25$	$\geq 60$
	$< 25$	$\geq 50$

Lisäksi ulkovalaistuksen säätö tulee toteuttaa käyttäen aikakytkintä tai päivänvalosensoria. Päivänvalosensori saa olla ohitettavissa käsikytkennällä. Kohteissa, joissa ulkovalaistusta ei suunnitella ja asenneta laisinkaan, voidaan vaatimukset katsoa täytetyiksi. [35, s. 114–116.]

#### 4.2.9 Tra 3 - Alternative modes of transport

Tra 3 pitää sisällään lukuisia yksityisautoilun vähentämiseen tähtääviä vaatimuksia. Kussakin luokassa on mahdollista saada kaksi krediittiä.

Yhtenä vaihtoehtona krediittien saamiseen on polkupyörien säilytystilojen tarjoaminen sekä säilytystilojen laatuun liittyvät vaatimukset. Sähkösuunnittelun osalta vaatimukseksi on suunnitella tilojen valaistus Hea 5:n ohjeiden eli SFS-EN 12464-2 -standardin mukaisesti. Standardin vaatimukset polkupyörien säilytystilojen valaistusvoimakkuus-tasoista ( $\bar{E}_m$ ), valaistusvoimakkuuden tasaisuuksista ( $U_o$ ), häikäisyindeksin maksimiarvoista ( $R_{GL}$ ) sekä pienimmistä sallitusta värintoistoindekseistä ( $R_a$ ) on esitetty taulukossa 5. [35, s. 140–142; 37, s. 14.]

Taulukko 5. Pysäköintialueiden valaistusvaatimustaulukko. [32, s. 18.]

Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ [lx]	$U_o$ -	$R_{GL}$ -	$R_a$ -	Specific requirements
Light traffic, e.g. parking areas of shops, terraced and apartment houses; cycle parks	5	0,25	55	20	
Medium traffic, e.g. parking areas of department stores, office buildings, plants, sports and multipurpose building complexes	10	0,25	50	20	
Heavy traffic, e.g. parking areas of major shopping centres, major sports and multipurpose building complexes	20	0,25	50	20	

#### 4.2.10 Tra 4 - Pedestrian and Cyclist Safety

Tra 4:n tarkoituksena on taata edellytykset kohteen jalankulku- ja pyöräteiden turvallisuudelle. Toimisto- sekä teollisuuskohteissa vaatimusten täyttämällä on mahdollista ansaita yksi krediitti ja vähittäismyynnin kohteissa kaksi krediittiä.

Sähkösuunnitteluun liittyvät vaatimukset koskevat jalankulku- ja pyöräteiden valaistusta. Valaistuksen suunnittelussa tulee noudattaa SFS-EN 12464-2 -standardin kevyen liikenteen väylien valaistusta koskevia raja-arvoja. Standardin vaatimukset on esitetty taulukossa 6. [35, s. 148–150.]

Taulukko 6. Kevyen liikenteen väylien valaistusvaatimustaulukko. [32, s. 15.]

Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ [lx]	$U_o$ -	$R_{GL}$ -	$R_a$ -	Specific requirements
Walkways exclusively for pedestrians	5	0,25	50	20	
Traffic areas for slowly moving vehicles (max. 10 km/h), e.g. bicycles, trucks and excavators	10	0,40	50	20	
Regular vehicle traffic (max. 40 km/h)	20	0,40	45	20	At shipyards and in docks, RGL may be 50
Pedestrian passages, vehicle turning, loading and unloading points	50	0,40	50	20	
Cleaning and servicing	50	0,25	50	20	All relevant surfaces

#### 4.2.11 Pol 7 - Reduction of Night Time Light Pollution

Pol 7:n vaatimusten tarkoituksena on varmistaa, että ulkovalaistus on suunnattu asianmukaisille alueille ja että ylöspäin suuntautuvan valon määrä olisi mahdollisimman pieni. Vaatimuksilla pyritään vähentämään hukkavaloa, häiriövaloa, taivaankannen valottumista sekä energiankulutusta. Kussakin luokassa on mahdollisuus yhden krediitin saamiseen.

Ulkovalaistussuunnitelman tulee noudattaa CIE 150-2003 -ulkovalaistusstandardin luvun 2.7 sekä taivaankannen valottumiseen liittyvän CIE 126-1997 -standardin taulukon 2 ohjeistuksia. Taivaankannen valottumiseen liittyvät raja-arvot on esitetty esimerkkinä taulukossa 7.

Taulukko 7. Taivaankannen valottumisen rajoittamiseen liittyvät suositukset.

Valaistusvyöhyke	ULOR <sub>inst</sub> [%]	Astronominen tarkastelu
E1	0	kansallinen observatorio
E2	0–5	akateeminen taso
E3	0–15	harrastelijataso
E4	0–25	tavallinen taivaan katselu

Taulukon ULOR<sub>inst</sub>-arvot kuvaavat suositeltuja raja-arvoja ylöspäin suuntautuvan valon osuudelle asennetuilla valaisimilla eri valaistusvyöhykkeillä. Valaistusvyöhykkeissä E1 tarkoittaa valoisuustasoltaan pimeää, luonnontilaista ympäristöä, E2 matalan valoisuustason alueita kuten maaseutua, E3 valoisuustasoltaan keskimääräisiä alueita kuten lähiöalueita ja E4 korkean valoisuustason alueita kuten kaupunkien keskustojen alueita. Taulukossa on lisäksi esimerkkejä kullakin valaistusvyöhykkeellä mahdollisesti tapahtuvan astronomisen tarkastelun tasosta.

Valaistujen mainosten tulee täyttää suositellut valaistusvoimakkuuden tasaisuuden (taulukko 8) sekä luminanssin maksimin (taulukko 9) arvot. Valaistusvoimakkuuden tasaisuudella tarkoitetaan suurimman ja pienimmän arvon suhdetta.

Taulukko 8. Vaatimukset valaistujen mainosten valaistusvoimakkuuden tasaisuudelle.

	<b>Valaistava alue</b>	<b>Valaistusvoimakkuuden tasaisuus</b>
Ulkovalaistus	> 1,5 m <sup>2</sup>	10:1
Ulkovalaistus	≤ 1,5 m <sup>2</sup>	6:1
Sisävalaistus	valonlähteiden yläpuolella ja välissä	1,5:1

Luminanssin maksimiarvot on esitetty taulukossa 9 valaistusvyöhykkeittäin. Valaistusvyöhykkeillä on pyritty ottamaan huomioon ympäristön valaistuksen ja valaistun mainoksen luminanssin kontrasti – valoisalla alueella myös valomainokselle voidaan sallia suurempi pintakirkkaus. Mikäli valaistu mainos sijaitsee valaistusvyöhykkeiden rajalla tai mikäli se voidaan havaita useammalta valaistusvyöhykkeeltä, tulee luminanssin määräytyä pimeämmän alueen mukaisesti.

Taulukko 9. Vaatimukset valaistujen mainosten luminanssin maksimiarvoille.

<b>Valaistava alue [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Luminanssin maksimiarvot [cd/m<sup>2</sup>] valaistusvyöhykkeittäin</b>			
	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
≤ 10	100	600	800	1000
> 10	-	300	600	600

Ulkovalaistuksen tulee olla kytkettävissä automaattisesti pois päältä klo 23–07 välillä esimerkiksi käyttämällä ajastinta valaistuksenohjauksessa. Vaatimus ei koske turvavalaitusta eikä valaistusvyöhykkeiden E2–E4 valomainoksia. Pimeillä E1-alueilla myös valomainokset tulee kytkeä pois päältä.

Mikäli ulkoalueiden valaistus on tarpeellista myös klo 23–07 välillä esimerkiksi ympäri vuorokautisesti toiminnassa olevassa rakennuksessa, tulee valaistus voida kytkeä automaattisesti standardeissa CIE 150-2003 ja CIE 126-1997 esitetyille alemmille tasoille. Myös klo 23–07 välillä käytössä olevan turvallisuuteen liittyvän valaistuksen tulee noudattaa standardeissa esitettyjä alempia valaistustasoja.

Pol7:n vaatimukset eivät koske liikennealueilla turvallisuussyistä käytettäviä, maahan upotettavia merkkivalaisimia. [35, s. 277–280; 38, s. 7.]

## 5 Johtopäätökset

LEED- ja BREEAM-luokitusjärjestelmien suosion kasvun on odotettavissa jatkuvan myös tulevaisuudessa. Teknologian ja toimintatapojen jatkuva kehitys mahdollistaa entistä parempien, energiatehokkaampien ja ympäristöä vähemmän kuormittavien ratkaisujen käytön sekä samalla keinon pienentää rakennetun ympäristön osuutta energiankulutuksesta ja kasvihuonepäästöistä.

YK:n kansainvälisessä ilmastoraportissa vuonna 2014 esitellyistä tavoitteista odotetaan seuraajaa Kioton ympäristösopimukselle. Tavoitteet merkittävistä päästövähennyksistä tarkoittavat, että rakennetussa ja rakennettavassa ympäristössä on otettava entistä paremmin huomioon myös ympäristövaikutukset. Ympäristösertifikaattien hakemisen yleistymisen lisäksi sertifiointijärjestelmien näkökohtien ja vaatimusten on odotettavissa kehittyvän ja tiukentuvan jatkuvasti. Luokitusjärjestelmät pyrkivät jatkossakin edustamaan innovatiivisilla ja parhailla mahdollisilla toimintavoilla toteutettuja kohteita samalla kun mahdollisuudet myös perustason rakennusratkaisuissa kehittyvät.

LEED- ja BREEAM-järjestelmät kilpailevat maailmanlaajuisesti samoista asiakkaista sekä tunnettavuudesta alalla. LEED-järjestelmä on toistaiseksi tunnetumpi, BREEAM-järjestelmän eduksi taas koetaan eri maiden erityispiirteiden sekä kansallisten standardien ja säädösten huomioiminen. LEED-järjestelmässä hankalaksi voidaan kokea lukuisat viittaukset järjestelmän ulkopuolisiin materiaaleihin sekä vaatimusten vahva linkittyminen yhdysvaltalaisiin järjestöihin ja standardeihin. Edistystä LEED-järjestelmän maailmanlaajuisen käytettävyyden parantamisessa on kuitenkin tullut eurooppalaisten kohteiden sertifiointia helpottavien vaihtoehtoisten toimintatapojen myötä. Kummankin järjestelmän kohdalla on odotettavissa kansainvälisen käytettävyyden kehittämistä edelleen omista lähtökohdistaan sekä mahdollisesti eri maille tarjottavien järjestelmien räätälöintien lisäämistä. Nähtäväksi jää, aletaanko maakohtaisia sertifiointijärjestelmiä esimerkiksi Suomessa kehittää kansainvälisten jättien paikallisiksi kilpailijoiksi.

Riippumatta siitä, käytetäänkö luokittelussa LEED- vai BREEAM-järjestelmää, samat periaatteet projektin etenemisessä toimivat kummassakin tapauksessa. Sertifiointia haettaessa projektille on ehdottomastiärkevää nimetä ympäristöluokituksiin liittyvästä konsultoinnista vastaava koordinaattori. Koordinaattoriksi optimaalisin valinta on käytettävän luokitusjärjestelmän valtuuttama asiantuntija. Sertifiointiprosessia kuitenkin helpottaa merkittävästi, mikäli myös suunnittelijat ymmärtävät oman suunnittelualansa

vaikutukset ja panoksen kohteen sertifiointissa sekä oman toimintansa mahdollisen vaikutuksen muihin suunnittelualoihin liittyvien pisteiden tavoittelussa. Yhteistyö suunnittelualojen välillä on välttämätöntä luokituksen saamiseksi.

Sertifiointiprosessissa korostuu esiselvitysvaiheen tärkeys. Kaikkien projektin osapuolten tulee selvittää, omaa suunnittelualaansa koskien, minkä pisteiden saavuttaminen on todennäköistä ja helppoa, mahdollista, vaikeaa ja kallista tai täysin poissuljettua sekä millaisia panostuksia tietyn tason sertifikaatin hakeminen vaatisi. Käytettävä sertifiointijärjestelmä on ensisijaisesti asiakkaan päätös. Suunnittelijoiden ja koordinaattorin toimittamien esiselvitysten pistelaskelmat kuitenkin auttavat asiakasta päättämään projektissa tavoitellun luokitusasteen sekä antavat käsityksen sertifioitavan projektin etenemisestä ja odotettavista tuloksista.

Tärkeää on myös määritellä selkeästi, kenen vastuulla kunkin pisteen tavoittelu on. Varhaisessa vaiheessa tehtävällä vastuunjaolla voidaan varmistaa, että kaikkien tahojen rooli on selvä ja että vastuuhenkilöt osaavat varautua – ja varata riittävästi aikaa – tarvittavien todisteiden kuten esimerkiksi valaistussuunnitelmien ja tilojen valaistusvoimakkuustasojen keräämiseen.

Eri suunnittelualoilla toimivien henkilöiden voi olla hyvin vaikeaa saada käsitys luokitusjärjestelmän laajuudesta ja omaa suunnittelualaa koskevista vaatimuksista, vaikka luokitusjärjestelmän omaa opasmateriaalia olisikin saatavilla. Myös yhteistyö LEED- tai BREEAM-koordinaattorin kanssa voi olla haastavaa, mikäli suunnittelija ei tunne luokitusjärjestelmää eikä koordinaattori suunnittelualan erityispiirteitä. Samasta vaatimuskohdasta keskusteltaessa suunnittelija ja koordinaattori saattavat puhua aivan eri asioista – kumpikin omista lähtökohdistaan. Esimerkiksi ulkovalaistusta ja häiriövaloa koskevissa vaatimuksissa koordinaattorista voi tuntua helpolta noudattaa luokitusjärjestelmän ohjeita vaatimusten täyttämiseksi ja valaista vain välttämättömimmät alueet. Valaistussuunnittelijan taas on otettava huomioon sertifikaatin asettamat vaatimukset ja suunniteltava silti toimiva ja tilaajan toiveiden mukainen valaistuskokonaisuus.

Tämän insinööriyön sisältämän informaation on tarkoitus toimia suunnittelijoiden apuvälineenä niin esiselvitysvaiheessa kuin LEED- ja BREEAM-sertifioitavien kohteiden suunnittelussakin sekä osaltaan tukea suunnittelijan, asiakkaan ja koordinaattorin välisessä kommunikoinnissa projektin aikana.

## Lähteet

- 1 Suni, Henrik. 2014. HS listasi tuoreen ilmastoraportin neljä keskeistä teesiä. Verkkodokumentti. Helsingin Sanomat. <<http://www.hs.fi/ulkomaat/a1414899749486>>. Päivitetty 3.11.2014. Luettu 26.4.2015.
- 2 Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2011. 2013. Tilastokeskus. Helsinki.
- 3 IPCC 2014: Osa 3 - Ilmastonmuutoksen hillintä. Yhteenvedo päätöksentekijöille. 2014. VTT.
- 4 Suni, Henrik. 2014. Tuore raportti pohjustaa Pariisin ilmastokokousta. Verkkodokumentti. Helsingin Sanomat. <<http://www.hs.fi/ulkomaat/a1414899757354?ref=hs-art-artikkeli>>. Luettu 26.4.2015.
- 5 Night Lights 2012 – Flat map. Verkkodokumentti. NASA Earth Observatory. <<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=79765>>. Luettu 26.4.2015.
- 6 Lyytimäki, Jari & Rinne, Janne. 2013. Valon varjopuolet. Valosaaste ympäristöongelmana. Helsinki: Gaudeamus.
- 7 Mitä ovat LEED ja LEED-sertifiointi. 2013. Verkkodokumentti. ERMS Fimera Oy. <<http://www.erms.fi/cms/vihreae-rakentaminen/mikae-leed-on>> . Luettu 7.8.2014.
- 8 Alueille ja rakennuksille ympäristöluokitukset. Verkkodokumentti. ERA17. <<http://era17.fi/kiinteistojen-kaytto-ja-omistus/alueille-ja-rakennuksille-ymparistoluokitukset/>>. Luettu 7.8.2014.
- 9 LEED ja BREEAM - Kokemuksia ympäristöluokitusten vaikutuksesta valaistuksen suunnitteluun. Valoakatemiakurssi, Metropolia Ammattikorkeakoulu. Sara Leino, Granlund Oy. 22.1.2014.
- 10 U.S. Green Building Council. LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction. 2009 Edition. Updated June 2010. Washington DC.
- 11 Green Guilding Council Finland. 2013. Verkkodokumentti. <<http://figbc.fi/gbc-finland/>>. Luettu 10.2.2014.
- 12 LEED. U.S. Verkkodokumentti. Green Building Council <<http://www.usgbc.org/leed/rating-systems/commercial-interiors>>. Luettu 2.4.2014.

- 13 LEED. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council. <<http://www.usgbc.org/leed/rating-systems/retail>>. Luettu 2.4.2014.
- 14 LEED Credit Library. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council. <http://www.usgbc.org/credits/new-construction/v4-draft>. Luettu 19.10.2014.
- 15 LEED for Core and Shell 2009 -vertailu. Sisäinen muistio. Granlund Oy. 22.8.2013.
- 16 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC. 2007. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. SI Edition. Atlanta.
- 17 Guidance Notes for the Reduction of Obtrusive Light. 2011. Verkkodokumentti. Institution of Lighting Professionals. <<https://www.theilp.org.uk/documents/obtrusive-light/>>. Luettu 26.4.2015.
- 18 Uusiutuva energia. Motiva Oy. <[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia)> . Päivitetty 4.4.2014. Luettu 8.4.2014.
- 19 U.S. Green Building Council. LEED Reference Guide for Green Interior Design and Construction. 2009 edition. Washington DC.
- 20 U.S. Green Building Council. 2014. LEED 2009 BD+C Supplemental Reference Guide with Alternative Compliance Paths for Europe. 2009 edition. Washington DC.
- 21 EKOenergia-verkosto ja -merkki. EKOenergia. <<http://www.ekoenergy.org/fi/>> Luettu 25.9.2014.
- 22 REC. Verkkodokumentti. Reliable Machine Company. <<http://www.reliablemachine.com/images/REC.jpg>>. Luettu 25.9.2014.
- 23 Summary of Changes - LEED 2009 to LEED v4 - BD+C. 2013. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council. <<http://www.usgbc.org/resources/summary-changes-leed-2009-leed-v4-bdc>>. Luettu 25.9.2014.
- 24 Vihreä Foorumi: Mitä uutta LEEDistä ja BREEAMista? 2014. Verkkodokumentti. Green Building Council Finland. < <http://figbc.fi/vihrea-foorumi-mita-uutta-leedista-ja-breeamista/>>. Luettu 25.9.2014.
- 25 How long will LEED 2009 be open for registration? Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council. <<http://www.usgbc.org/help/how-long-will-leed-2009-be-open-registration>>. Luettu 21.3.2015.

- 26 LEED. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council  
<<http://www.usgbc.org/leed>>. Luettu 19.10.2014.
- 27 Getting to know LEED: Building Design and Construction (BD+C). 2014. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council.  
<<http://www.usgbc.org/articles/getting-know-leed-building-design-and-construction-bdc>>. Luettu 19.10.2014.
- 28 Getting to know LEED: Interior Design and Construction (ID+C). 2014. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council.  
<<http://www.usgbc.org/articles/getting-know-leed-interior-design-and-construction-idc>>. Luettu 19.10.2014.
- 29 LEED v4. Verkkodokumentti. U.S. Green Building Council.  
<<http://www.usgbc.org/guide/bdc#>>. Luettu 19.10.2014.
- 30 What is BREEAM? 2015. Verkkodokumentti. BRE Global.  
<<http://www.breeam.org/about.jsp?id=66>>. Luettu 28.2.2015.
- 31 Certified BREEAM Assessments. 2015. Verkkodokumentti. BRE Global.  
<<http://www.greenbooklive.com/search/scheme.jsp?id=202>>. Luettu 28.2.2015.
- 32 International. 2015. Verkkodokumentti. BRE Global.  
<<http://www.breeam.org/page.jsp?id=367>>. Luettu 28.2.2015.
- 33 BREEAM In-Use. 2015. Verkkodokumentti. BRE Global.  
<<http://www.breeam.org/page.jsp?id=373>>. Luettu 28.2.2015.
- 34 Masthusen, Malmö, Sweden. 2015. Verkkodokumentti. BRE Global.  
<<http://www.breeam.org/page.jsp?id=537>>. Luettu 28.2.2015.
- 35 BRE Global Ltd. 2012. BREEAM Europe Commercial 2009 Assessor Manual. Hertfordshire.
- 36 SFS-EN 12464-1. 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki.
- 37 SFS-EN 12464-2. 2014. Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki.
- 38 CIE 12-1997. 1997. Guidelines for minimizing sky glow. Commission Internationale de l'Éclairage. Wien.

## LEED-krediitit

Kaikki NC-, CS- ja SCH-järjestelmien LEED-krediitit. [10, s. xix-xxiv.]

### Design or Construction Phase Submittal

LEED-NC v2009:		
Credit		D/C
<b>PIf1</b>	Minimum Program Requirements	D
<b>PIf2</b>	Project Summary Details	D
<b>PIf3</b>	Occupant and Usage Data	D
<b>PIf4</b>	Schedule and Overview Documents	D
<b>SSp1</b>	Construction Activity Pollution Prevention	C
<b>SSc1</b>	Site Selection	D
<b>SSc2</b>	Development Density and Community Connectivity	D
<b>SSc3</b>	Brownfield Redevelopment	D
<b>SSc4.1</b>	Alternative Transportation—Public Transportation Access	D
<b>SSc4.2</b>	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing	D
<b>SSc4.3</b>	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	D
<b>SSc4.4</b>	Alternative Transportation—Parking Capacity	D
<b>SSc5.1</b>	Site Development—Protect or Restore Habitat	C
<b>SSc5.2</b>	Site Development—Maximize Open Space	D
<b>SSc6.1</b>	Stormwater Design—Quantity Control	D
<b>SSc6.2</b>	Stormwater Design—Quality Control	D

<b>SSc7.1</b>	Heat Island Effect—Nonroof	C
<b>SSc7.2</b>	Heat Island Effect—Roof	D
<b>SSc8</b>	Light Pollution Reduction	D
<b>WEp1</b>	Water Use Reduction	D
<b>WEc1</b>	Water Efficient Landscaping	D
<b>WEc2</b>	Innovative Wastewater Technologies	D
<b>WEc3</b>	Water Use Reduction	D
<b>EAp1</b>	Fundamental Commissioning of the Building Energy Systems	C
<b>EAp2</b>	Minimum Energy Performance	D
<b>EAp3</b>	Fundamental Refrigerant Management	D
<b>EAc1</b>	Optimize Energy Performance	D
<b>EAc2</b>	On-Site Renewable Energy	D
<b>EAc3</b>	Enhanced Commissioning	C
<b>EAc4</b>	Enhanced Refrigerant Management	D
<b>EAc5</b>	Measurement and Verification	C
<b>EAc6</b>	Green Power	C
<b>MRp1</b>	Storage and Collection of Recyclables	D
<b>MRc1.1</b>	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	C
<b>MRc1.2</b>	Building Reuse—Maintain Interior Nonstructural Elements	C
<b>MRc2</b>	Construction Waste Management	C
<b>MRc3</b>	Materials Reuse	C
<b>MRc4</b>	Recycled Content	C
<b>MRc5</b>	Regional Materials	C
<b>MRc6</b>	Rapidly Renewable Materials	C
<b>MRc7</b>	Certified Wood	C
<b>IEQp1</b>	Minimum Indoor Air Quality Performance	D
<b>IEQp2</b>	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	D
<b>IEQc1</b>	Outdoor Air Delivery Monitoring	D
<b>IEQc2</b>	Increased Ventilation	D
<b>IEQc3.1</b>	Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction	C
<b>IEQc3.2</b>	Construction Indoor Air Quality Management Plan—Before Occupancy	C
<b>IEQc4.1</b>	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	C
<b>IEQc4.2</b>	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	C
<b>IEQc4.3</b>	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	C
<b>IEQc4.4</b>	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	C
<b>IEQc5</b>	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	D
<b>IEQc6.1</b>	Controllability of Systems—Lighting	D
<b>IEQc6.2</b>	Controllability of Systems—Thermal Comfort	D
<b>IEQc7.1</b>	Thermal Comfort—Design	D
<b>IEQc7.2</b>	Thermal Comfort—Verification	D
<b>IEQc8.1</b>	Daylight and Views—Daylight	D
<b>IEQc8.2</b>	Daylight and Views—Views	D

<b>IDc1</b>	Innovation in Design	D/C
<b>IDc2</b>	LEED® Accredited Professional	C

<b>LEED-CS v2009:</b>		
<b>Credit</b>		<b>D/C</b>
<b>PIf1</b>	Minimum Program Requirements	D
<b>PIf2</b>	Project Summary Details	D
<b>PIf3</b>	Occupant and Usage Data	D
<b>PIf4</b>	Schedule and Overview Documents	D
<b>PIf5</b>	Building System Control	D
<b>SSp1</b>	Construction Activity Pollution Prevention	C
<b>SSc1</b>	Site Selection	D
<b>SSc2</b>	Development Density and Community Connectivity	D
<b>SSc3</b>	Brownfield Redevelopment	D
<b>SSc4.1</b>	Alternative Transportation—Public Transportation Access	D
<b>SSc4.2</b>	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing	D
<b>SSc4.3</b>	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	D
<b>SSc4.4</b>	Alternative Transportation—Parking Capacity	D
<b>SSc5.1</b>	Site Development—Protect or Restore Habitat	C
<b>SSc5.2</b>	Site Development—Maximize Open Space	D
<b>SSc6.1</b>	Stormwater Design—Quantity Control	D
<b>SSc6.2</b>	Stormwater Design—Quality Control	D
<b>SSc7.1</b>	Heat Island Effect—Nonroof	C
<b>SSc7.2</b>	Heat Island Effect—Roof	D
<b>SSc8</b>	Light Pollution Reduction	D
<b>SSc9</b>	Tenant Design and Construction Guidelines	D
<b>WEp1</b>	Water Use Reduction	D
<b>WEc1</b>	Water Efficient Landscaping	D
<b>WEc2</b>	Innovative Wastewater Technologies	D
<b>WEc3</b>	Water Use Reduction	D
<b>EAp1</b>	Fundamental Commissioning of the Building Energy Systems	C
<b>EAp2</b>	Minimum Energy Performance	D
<b>EAp3</b>	Fundamental Refrigerant Management	D
<b>EAc1</b>	Optimize Energy Performance	D
<b>EAc2</b>	On-Site Renewable Energy	D
<b>EAc3</b>	Enhanced Commissioning	C
<b>EAc4</b>	Enhanced Refrigerant Management	D
<b>EAc5.1</b>	Measurement and Verification—Base Building	D
<b>EAc5.2</b>	Measurement and Verification—Tenant Submetering	D
<b>EAc6</b>	Green Power	C
<b>MRp1</b>	Storage and Collection of Recyclables	D
<b>MRC1</b>	Building Reuse-Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	C

<b>MRc2</b>	Construction Waste Management	C
<b>MRc3</b>	Materials Reuse	C
<b>MRc4</b>	Recycled Content	C
<b>MRc5</b>	Regional Materials	C
<b>MRc6</b>	Certified Wood	C
<b>IEQp1</b>	Minimum Indoor Air Quality Performance	D
<b>IEQp2</b>	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	D
<b>IEQc1</b>	Outdoor Air Delivery Monitoring	D
<b>IEQc2</b>	Increased Ventilation	D
<b>IEQc3.1</b>	Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction	C
<b>IEQc3.2</b>	Construction Indoor Air Quality Management Plan—Before Occupancy	C
<b>IEQc4.1</b>	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	C
<b>IEQc4.2</b>	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	C
<b>IEQc4.3</b>	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	C
<b>IEQc4.4</b>	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	C
<b>IEQc5</b>	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	D
<b>IEQc6</b>	Controllability of Systems—Thermal Comfort	D
<b>IEQc7</b>	Thermal Comfort—Design	D
<b>IEQc8.1</b>	Daylight and Views—Daylight	D
<b>IEQc8.2</b>	Daylight and Views—Views	D
<b>IDc1</b>	Innovation in Design	D/C
<b>IDc2</b>	LEED® Accredited Professional	C

<b>LEED-Schools v2009:</b>		
<b>Credit</b>		<b>D/C</b>
<b>PIf1</b>	Minimum Program Requirements	D
<b>PIf2</b>	Project Summary Details	D
<b>PIf3</b>	Occupant and Usage Data	D
<b>PIf4</b>	Schedule and Overview Documents	D
<b>SSp1</b>	Construction Activity Pollution Prevention	C
<b>SSp2</b>	Environmental Site Assessment	D
<b>SSc1</b>	Site Selection	D
<b>SSc2</b>	Development Density and Community Connectivity	D
<b>SSc3</b>	Brownfield Redevelopment	D
<b>SSc4.1</b>	Alternative Transportation—Public Transportation Access	D
<b>SSc4.2</b>	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing	D
<b>SSc4.3</b>	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	D
<b>SSc4.4</b>	Alternative Transportation—Parking Capacity	D
<b>SSc5.1</b>	Site Development—Protect or Restore Habitat	C
<b>SSc5.2</b>	Site Development—Maximize Open Space	D
<b>SSc6.1</b>	Stormwater Design—Quantity Control	D
<b>SSc6.2</b>	Stormwater Design—Quality Control	D

<b>SSc7.1</b>	Heat Island Effect—Nonroof	C
<b>SSc7.2</b>	Heat Island Effect—Roof	D
<b>SSc8</b>	Light Pollution Reduction	D
<b>SSc9</b>	Site Master Plan	D
<b>SSc10</b>	Joint Use of Facilities	D
<b>WEp1</b>	Water Use Reduction	D
<b>WEc1</b>	Water Efficient Landscaping	D
<b>WEc2</b>	Innovative Wastewater Technologies	D
<b>WEc3</b>	Water Use Reduction	D
<b>WEc4</b>	Process Water Use Reduction	D
<b>EAp1</b>	Fundamental Commissioning of the Building Energy Systems	C
<b>EAp2</b>	Minimum Energy Performance	D
<b>EAp3</b>	Fundamental Refrigerant Management	D
<b>EAc1</b>	Optimize Energy Performance	D
<b>EAc2</b>	On-Site Renewable Energy	D
<b>EAc3</b>	Enhanced Commissioning	C
<b>EAc4</b>	Enhanced Refrigerant Management	D
<b>EAc5</b>	Measurement and Verification	C
<b>EAc6</b>	Green Power	C
<b>MRp1</b>	Storage and Collection of Recyclables	D
<b>MRc1.1</b>	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	C
<b>MRc1.2</b>	Building Reuse—Maintain Interior Nonstructural Elements	C
<b>MRc2</b>	Construction Waste Management	C
<b>MRc3</b>	Materials Reuse	C
<b>MRc4</b>	Recycled Content	C
<b>MRc5</b>	Regional Materials	C
<b>MRc6</b>	Rapidly Renewable Materials	C
<b>MRc7</b>	Certified Wood	C
<b>IEQp1</b>	Minimum Indoor Air Quality Performance	D
<b>IEQp2</b>	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	D
<b>IEQp3</b>	Minimum Acoustical Performance	D
<b>IEQc1</b>	Outdoor Air Delivery Monitoring	D
<b>IEQc2</b>	Increased Ventilation	D
<b>IEQc3.1</b>	Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction	C
<b>IEQc3.2</b>	Construction Indoor Air Quality Management Plan—Before Occupancy	C
<b>IEQc4.1</b>	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	C
<b>IEQc4.2</b>	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	C
<b>IEQc4.3</b>	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	C
<b>IEQc4.4</b>	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	C
<b>IEQc4.5</b>	Low-Emitting Materials—Furniture and Furnishings	C
<b>IEQc4.6</b>	Low-Emitting Materials—Ceiling and Wall Systems	C
<b>IEQc5</b>	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	D

<b>IEQc6.1</b>	Controllability of Systems—Lighting	D
<b>IEQc6.2</b>	Controllability of Systems—Thermal Comfort	D
<b>IEQc7.1</b>	Thermal Comfort—Design	D
<b>IEQc7.2</b>	Thermal Comfort—Verification	D
<b>IEQc8.1</b>	Daylight and Views—Daylight	D
<b>IEQc8.2</b>	Daylight and Views—Views	D
<b>IEQc9</b>	Enhanced Acoustical Performance	D
<b>IEQc10</b>	Mold Prevention	C
<b>IDc1</b>	Innovation in Design	D/C
<b>IDc2</b>	LEED® Accredited Professional	C
<b>IDc3</b>	The School as a Teaching Tool	D

## Sähkösuunnitteluun liittyvät LEED-krediitit

Sähkösuunnitteluun liittyvät LEED-krediitit, viittaukset sekä linkitykset toisiin sähkösuunnitteluun liittyviin krediitteihin.

EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	vaatimus	vaatimus	vaatimus
	<b>Viitteet</b> ASHRAE 90.1-2007 Informative Appendix G: Performance Rating Method <ul style="list-style-type: none"> <li>- vaatii ASHRAE-standardin pakollisten vaatimusten täyttämisen               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5.4, 6.4 ja 7.4 (ovet ja ikkunat, LVI-tekniikka)</li> <li>▪ 8.4 jännitteenalenema</li> <li>▪ 9.4 valaistuksen ohjaus ja valaistusteho</li> <li>▪ 10.4 sähkömoottoreiden energiatehokkuus</li> </ul> </li> </ul> Energiaoppaat <ul style="list-style-type: none"> <li>- ASHRAE Advanced Energy Design Guide               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ viite ilmastovyöhykkeisiin ASHRAE 90.1-2007, table B-3</li> </ul> </li> <li>- ASHRAE Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings</li> <li>- Advanced Buildings™ Core Performance™ Guide</li> </ul>		
<b>Liittyvät krediitit</b> EA Credit 1: Optimize Energy Performance SS Credit 8: Light Pollution Reduction EA Credit 2: On-site Renewable Energy EA Credit 6: Green Power			
SS Credit 4.3: Alternative Transportation - Low Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	3 pistettä	3 pistettä	2 pistettä

SS Credit 4.3: Light Pollution	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	1 piste	1 piste	1 piste
	<b>Viitteet</b>  ASHRAE 90.1-2007 <ul style="list-style-type: none"> <li>- table 9.4.5 ulkovalaistuksen raja-arvot</li> <li>- 9.4.5 poikkeukset joita vaatimus ei koske</li> <li>- 9.4.1.3 valaistuksen ohjaus</li> <li>- 9.1 poikkeukset joita vaatimus ei koske</li> </ul>		
<b>Liittyvät krediitit</b> EA Credit 1: Optimize Energy Performance IEQ Credit 6.1: Controllability of Systems - Lighting			
EA Credit 1: Optimize Energy Performance	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	1–19 pistettä	1–19 pistettä	3–19 pistettä
	Mahdollisuus lisäpisteeseen ID-kategoriassa		
<b>Liittyvät krediitit</b> EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance SS Credit 8: Light Pollution Reduction EA Credit 2: On-site Renewable Energy EA Credit 6: Green Power			

EA Credit 2: On-Site Renewable Energy	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	1–7 pistettä	1–7 pistettä	4 pistettä
	Mahdollisuus lisäpisteeseen ID-kategoriassa		
<b>Liittyvät krediitit</b>			
EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance			
SS Credit 8: Light Pollution Reduction			
EA Credit 1: Optimize Energy Performance			
EA Credit 5: Measurement and Verification			
EA Credit 6: Green Power			
EA Credit 5: Measurement and Verification	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	3 pistettä	2 pistettä	-
	<b>Viitteet</b>		
International Performance Measurement & Verification Protocol Volume III -opas			
- vaihtoehto B tai D			
<b>Liittyvät krediitit</b>			
EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance			
EA Credit 1: Optimize Energy Performance			
EA Credit 2: On-site Renewable Energy			
EA Credit 5.1: Measurement and Verification - Base Building	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	-	-	3 pistettä
	<b>Viitteet</b>		
International Performance Measurement & Verification Protocol Volume III -opas			
- vaihtoehto B tai D			
<b>Liittyvät krediitit</b>			
EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance			
EA Credit 1: Optimize Energy Performance			
EA Credit 2: On-site Renewable Energy			

EA Credit 5.2: Measurement and Verification - Tenant Submetering	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	-	-	3 pistettä
	<b>Viitteet</b>  Commercial Interiors EA Credit 3: Measurement and Verification <ul style="list-style-type: none"> <li>- International Performance Measurement &amp; Verification Protocol Volume I -opas <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ vaihtoehto B, C tai D</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Liittyvät krediitit</b> EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance EA Credit 1: Optimize Energy Performance EA Credit 2: On-site Renewable Energy			
EA Credit 6: Green Power	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	2 pistettä	2 pistettä	2 pistettä
	<b>Viitteet</b>  Uusiutuva energia <ul style="list-style-type: none"> <li>- Green-e Energy -sertifiointi</li> <li>- EKO Energy -sertifiointi</li> <li>- Guarantees of Origin -sertifiointi</li> </ul> Kulutuksen määrittely <ul style="list-style-type: none"> <li>- EA Credit 1 Optimize Energy Performance -krediitin laskelma</li> <li>- U.S. Department of Energy:n Commercial Buildings Energy Consumption Survey - tietokanta</li> </ul> Mahdollisuus lisäpisteeseen ID-kategoriassa		
<b>Liittyvät krediitit</b> EA Credit 1: Optimize Energy Performance			

IEQ Credit 6.1: Controllability of Systems - Lighting	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	1 piste	1 piste	-
	<b>Liittyvät krediitit</b>		
	EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance		
	EA Credit 1: Optimize Energy Performance		
ID Credit 1: Innovation in Design	<b>NC</b>	<b>SCH</b>	<b>CS</b>
	1 piste	1 piste	1 piste
	<b>Viitteet</b>		
	Pilottivaiheessa olevat krediitit		
	- USGBC:n internetsivujen Credit Library		

## Ulkovalaistuksen valaistustehojen raja-arvot

ASHRAE 90.1-2007 -standardissa annetut raja-arvot ulkovalaistuksen valaistusteholle.

[10, s. 133.]

	Applications	Lighting Power Densities
Tradable Surfaces (Lighting power densities for uncovered parking areas, building grounds, building entrances and exits, canopies and overhangs and outdoor sales areas may be traded.)	<b>Uncovered Parking Areas</b>	
	Parking Lots and drives	0.15W/ft <sup>2</sup>
	<b>Building Grounds</b>	
	Walkways less than 10 feet wide	1.0W/linear foot
	Walkways 10 feet wide or greater Plaza areas Special Feature Areas	0.2W/ft <sup>2</sup>
	Stairways	1.0W/ft <sup>2</sup>
	<b>Building Entrances and Exits</b>	
	Main entries	30W/linear foot of door width
	Other doors	20W/linear foot of door width
	<b>Canopies and Overhangs</b>	
	Canopies (free standing and attached and overhangs)	1.25W/ft <sup>2</sup>
	<b>Outdoor Sales</b>	
	Open areas (including vehicle sales lots)	.5W/ft <sup>2</sup>
	Street frontage for vehicle sales lots in addition to "open area" allowance	20W/linear foot
Non-Tradable Surfaces (Lighting power density calculations for the following applications can be used only for the specific application and cannot be traded between surfaces or with other exterior lighting. The following allowances are in addition to any allowance otherwise permitted in the "Tradable Surfaces" section of this table.)	Building Facades	0.2W/ft <sup>2</sup> for each illuminated wall or surface or 5.0W/linear foot for each illuminated wall or surface length
	Automated teller machines and night depositories	270W per location plus 90W per additional ATM per location
	Entrances and gatehouse inspection stations at guarded facilities	1.25W/ft <sup>2</sup> of uncovered area (covered areas are included in the "Canopies and Overhangs" section of "Tradable Surfaces")
	Loading areas for law enforcement, fire, ambulance and other emergency service vehicles	0.5W/ft <sup>2</sup> of uncovered area (covered areas are included in the "Canopies and Overhangs" section of "Tradable Surfaces")
	Drive-up windows at fast food restaurants	400W per drive-through
	Parking near 24-hour retail entrances	800W per main entry

## LEED v4 -järjestelmän krediitit

LEED v4 -järjestelmän krediitit ja tavoiteltavissa olevat pisteet New Construction ja Major Renovations, Core & Shell sekä New Construction in Schools -luokissa. [14.]

### LEED for New Construction and Major Renovations (v4)

	POSSIBLE: 1		POSSIBLE: 13
Credit	Integrative process	1	
<b>LOCATION &amp; TRANSPORTATION</b>	<b>POSSIBLE: 16</b>		
Credit	LEED for Neighborhood Development location	16	
Credit	Sensitive land protection	1	
Credit	High priority site	2	
Credit	Surrounding density and diverse uses	5	
Credit	Access to quality transit	5	
Credit	Bicycle facilities	1	
Credit	Reduced parking footprint	1	
Credit	Green vehicles	1	
<b>SUSTAINABLE SITES</b>	<b>POSSIBLE: 10</b>		
Prereq	Construction activity pollution prevention	REQUIRED	
Credit	Site assessment	1	
Credit	Site development - protect or restore habitat	2	
Credit	Open space	1	
Credit	Rainwater management	3	
Credit	Heat island reduction	2	
Credit	Light pollution reduction	1	
<b>WATER EFFICIENCY</b>	<b>POSSIBLE: 11</b>		
Prereq	Outdoor water use reduction	REQUIRED	
Prereq	Indoor water use reduction	REQUIRED	
Prereq	Building-level water metering	REQUIRED	
Credit	Outdoor water use reduction	2	
Credit	Indoor water use reduction	6	
Credit	Cooling tower water use	2	
Credit	Water metering	1	
<b>ENERGY &amp; ATMOSPHERE</b>	<b>POSSIBLE: 33</b>		
Prereq	Fundamental commissioning and verification	REQUIRED	
Prereq	Minimum energy performance	REQUIRED	
Prereq	Building-level energy metering	REQUIRED	
Prereq	Fundamental refrigerant management	REQUIRED	
Credit	Enhanced commissioning	6	
Credit	Optimize energy performance	18	
Credit	Advanced energy metering	1	
Credit	Demand response	2	
Credit	Renewable energy production	3	
Credit	Enhanced refrigerant management	1	
Credit	Green power and carbon offsets	2	
<b>MATERIAL &amp; RESOURCES</b>	<b>POSSIBLE: 13</b>		
Prereq	Storage and collection of recyclables	REQUIRED	
Prereq	Construction and demolition waste management planning	REQUIRED	
Credit	Building life-cycle impact reduction	5	
Credit	Building product disclosure and optimization - environmental product declarations	2	
Credit	Building product disclosure and optimization - sourcing of raw materials	2	
Credit	Building product disclosure and optimization - material ingredients	2	
Credit	Construction and demolition waste management	2	
<b>INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY</b>	<b>POSSIBLE: 16</b>		
Prereq	Minimum IAQ performance	REQUIRED	
Prereq	Environmental tobacco smoke control	REQUIRED	
Credit	Enhanced IAQ strategies	2	
Credit	Low-emitting materials	3	
Credit	Construction IAQ management plan	1	
Credit	IAQ assessment	2	
Credit	Thermal comfort	1	
Credit	Interior lighting	2	
Credit	Daylight	3	
Credit	Quality views	1	
Credit	Acoustic performance	1	
<b>INNOVATION</b>	<b>POSSIBLE: 6</b>		
Credit	Innovation	5	
Credit	LEED Accredited Professional	1	
<b>REGIONAL PRIORITY</b>	<b>POSSIBLE: 4</b>		
Credit	Regional priority	4	
<b>TOTAL</b>	<b>110</b>		
40-49 Points	50-59 Points	60-79 Points	80+ Points
CERTIFIED	SILVER	GOLD	PLATINUM

**LEED for Core & Shell (v4)**

	<b>POSSIBLE: 1</b>			
Credit	Integrative process	1		
<b>🚗</b>	<b>LOCATION &amp; TRANSPORTATION</b>	<b>POSSIBLE: 20</b>		
Credit	LEED for Neighborhood Development location	16		
Credit	Sensitive land protection	2		
Credit	High priority site	3		
Credit	Surrounding density and diverse uses	6		
Credit	Access to quality transit	6		
Credit	Bicycle facilities	1		
Credit	Reduced parking footprint	1		
Credit	Green vehicles	1		
<b>🌿</b>	<b>SUSTAINABLE SITES</b>	<b>POSSIBLE: 11</b>		
Prereq	Construction activity pollution prevention	REQUIRED		
Credit	Site assessment	1		
Credit	Site development - protect or restore habitat	2		
Credit	Open space	1		
Credit	Rainwater management	3		
Credit	Heat island reduction	2		
Credit	Light pollution reduction	1		
Credit	Tenant design and construction guidelines	1		
<b>💧</b>	<b>WATER EFFICIENCY</b>	<b>POSSIBLE: 11</b>		
Prereq	Outdoor water use reduction	REQUIRED		
Prereq	Indoor water use reduction	REQUIRED		
Prereq	Building-level water metering	REQUIRED		
Credit	Outdoor water use reduction	2		
Credit	Indoor water use reduction	6		
Credit	Cooling tower water use	2		
Credit	Water metering	1		
<b>⚡</b>	<b>ENERGY &amp; ATMOSPHERE</b>	<b>POSSIBLE: 33</b>		
Prereq	Fundamental commissioning and verification	REQUIRED		
Prereq	Minimum energy performance	REQUIRED		
Prereq	Building-level energy metering	REQUIRED		
Prereq	Fundamental refrigerant management	REQUIRED		
Credit	Enhanced commissioning	6		
Credit	Optimize energy performance	18		
Credit	Advanced energy metering	1		
Credit	Demand response	2		
Credit	Renewable energy production	3		
Credit	Enhanced refrigerant management	1		
Credit	Green power and carbon offsets	2		
<b>♻️</b>	<b>MATERIAL &amp; RESOURCES</b>	<b>POSSIBLE: 14</b>		
Prereq	Storage and collection of recyclables	REQUIRED		
Prereq	Construction and demolition waste management planning	REQUIRED		
Credit	Building life-cycle impact reduction	6		
Credit	Building product disclosure and optimization - environmental product declarations	2		
Credit	Building product disclosure and optimization - sourcing of raw materials	2		
Credit	Building product disclosure and optimization - material ingredients	2		
Credit	Construction and demolition waste management	2		
<b>🏠</b>	<b>INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY</b>	<b>POSSIBLE: 10</b>		
Prereq	Minimum IAQ performance	REQUIRED		
Prereq	Environmental tobacco smoke control	REQUIRED		
Credit	Enhanced IAQ strategies	2		
Credit	Low-emitting materials	3		
Credit	Construction IAQ management plan	1		
Credit	Daylight	3		
Credit	Quality views	1		
<b>🏆</b>	<b>INNOVATION</b>	<b>POSSIBLE: 6</b>		
Credit	Innovation	5		
Credit	LEED Accredited Professional	1		
<b>📍</b>	<b>REGIONAL PRIORITY</b>	<b>POSSIBLE: 4</b>		
Credit	Regional priority	4		
<b>TOTAL</b>		<b>110</b>		
			40-49 Points CERTIFIED	50-59 Points SILVER
			60-79 Points GOLD	80+ Points PLATINUM

**LEED for New Construction in Schools (v4)**

		<b>POSSIBLE: 1</b>
Credit	Integrative process	1
<b>LOCATION &amp; TRANSPORTATION</b> <span style="float: right;"><b>POSSIBLE: 15</b></span>		
Credit	LEED for Neighborhood Development location	15
Credit	Sensitive land protection	1
Credit	High priority site	2
Credit	Surrounding density and diverse uses	5
Credit	Access to quality transit	4
Credit	Bicycle facilities	1
Credit	Reduced parking footprint	1
Credit	Green vehicles	1
<b>SUSTAINABLE SITES</b> <span style="float: right;"><b>POSSIBLE: 12</b></span>		
Prereq	Construction activity pollution prevention	REQUIRED
Prereq	Environmental site assessment	REQUIRED
Credit	Site assessment	1
Credit	Site development - protect or restore habitat	2
Credit	Open space	1
Credit	Rainwater management	3
Credit	Heat island reduction	2
Credit	Light pollution reduction	1
Credit	Site master plan	1
Credit	Joint use of facilities	1
<b>WATER EFFICIENCY</b> <span style="float: right;"><b>POSSIBLE: 12</b></span>		
Prereq	Outdoor water use reduction	REQUIRED
Prereq	Indoor water use reduction	REQUIRED
Prereq	Building-level water metering	REQUIRED
Credit	Outdoor water use reduction	2
Credit	Indoor water use reduction	7
Credit	Cooling tower water use	2
Credit	Water metering	1
<b>ENERGY &amp; ATMOSPHERE</b> <span style="float: right;"><b>POSSIBLE: 31</b></span>		
Prereq	Fundamental commissioning and verification	REQUIRED
Prereq	Minimum energy performance	REQUIRED
Prereq	Building-level energy metering	REQUIRED
Prereq	Fundamental refrigerant management	REQUIRED
Credit	Enhanced commissioning	6
Credit	Optimize energy performance	16
Credit	Advanced energy metering	1
Credit	Demand response	2
Credit	Renewable energy production	3
Credit	Enhanced refrigerant management	1
Credit	Green power and carbon offsets	2

		<b>POSSIBLE: 13</b>
Prereq	Storage and collection of recyclables	REQUIRED
Prereq	Construction and demolition waste management planning	REQUIRED
Credit	Building life-cycle impact reduction	5
Credit	Building product disclosure and optimization - environmental product declarations	2
Credit	Building product disclosure and optimization - sourcing of raw materials	2
Credit	Building product disclosure and optimization - material ingredients	2
Credit	Construction and demolition waste management	2

		<b>POSSIBLE: 16</b>
Prereq	Minimum IAQ performance	REQUIRED
Prereq	Environmental tobacco smoke control	REQUIRED
Prereq	Minimum acoustic performance	REQUIRED
Credit	Enhanced IAQ strategies	2
Credit	Low emitting materials	3
Credit	Construction IAQ management plan	1
Credit	IAQ assessment	2
Credit	Thermal comfort	1
Credit	Interior lighting	2
Credit	Daylight	3
Credit	Quality views	1
Credit	Acoustic performance	1

		<b>POSSIBLE: 6</b>
Credit	Innovation	5
Credit	LEED Accredited Professional	1

		<b>POSSIBLE: 4</b>
Credit	Regional priority	4

**TOTAL** **110**

40-49 Points CERTIFIED	50-59 Points SILVER	60-79 Points GOLD	80+ Points PLATINUM
---------------------------	------------------------	----------------------	------------------------

## LEED v4 -muutokset

Sähkösuunnitteluun liittyvät muutokset LEED v4 -krediteissä. [14; 23.]

Location and transportation	<p><b>Green Vehicles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nimetty uudelleen, entinen nimi Alternative Transportation – Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles</li> <li>- Siirretty uuteen Location and transportation -kategoriaan</li> <li>- Vaatimuksena tarjota vaihtoehtoisten polttoaineiden tankkausmahdollisuus nyt 2 %:lle pysäköintipaikoista</li> </ul>
Sustainable sites	<p><b>Light Pollution Reduction</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nimetty uudelleen, entinen nimi Light Pollution</li> <li>- Viitteet ASHRAE-standardiin poistettu             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ esim. poikkukset, joita vaatimukset eivät koske, ovat löydettävissä suoraan krediitin vaatimusten yhteydestä</li> </ul> </li> <li>- Poistettu sisävalaistusta koskevat vaatimukset</li> <li>- Lisätty laskelmille vaihtoehtoinen Backlight-Uplight-Glare (BUG) -menetelmä ylös suuntautuvan valon sekä häiriövalon raja-arvoihin liittyen             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BUG-menetelmä Illuminating Engineering Society -järjestön julkaisussa IES TM-15-11, Addendum A</li> </ul> </li> <li>- Lisätty valoisuusluokka alueille, joissa valaistus voi aiheuttaa vakavaa haittaa biologiselle ympäristölle</li> <li>- Lisätty vaatimus valomainosten pinnan luminanssille             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ yöllä sallittu max. 200 cd/m<sup>2</sup></li> <li>▪ päivällä max. 2000 cd/m<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>- Lisätty poikkeuksia, joita krediitin vaatimukset eivät koske, esim.             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ liikenteeseen liittyvä ohjaava valaistus</li> <li>▪ julkisivuvalaistus valoisuudeltaan keskimääräisillä ja hyvin valoisilla alueilla</li> <li>▪ esiintymis- ja performanssivalaistus</li> </ul> </li> </ul>

Energy and atmosphere	<b>Fundamental Commissioning and Verification</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Pakollinen krediitti</li><li>- Nimetty uudelleen, entinen nimi Fundamental Commissioning of Building Energy Systems</li><li>- Lisätty vaatimus käyttö- ja ylläpitosuunnitelman laatimisesta. Suunnitelmaan liittyen tulee<ul style="list-style-type: none"><li>▪ määritellä valaistustasot rakennuksessa</li><li>▪ laatia kuvaus kohteen sähköjärjestelmistä ja laitteista</li><li>▪ laatia ylläpitosuunnitelma sähköjärjestelmille ja laitteille.</li></ul></li></ul>
	<b>Minimum Energy Performance</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Pakollinen krediitti</li><li>- ASHRAE-standardin viitteet päivitetty ASHRAE 90.1-2010 -versioon</li><li>- Lisätty Retail- ja Data Centers -luokkien vaatimuksia</li><li>- Tarkennettu koko rakennuksen energiasimuloinnin vaatimuksia</li><li>- Energiankulutuksen tulee todistaa olevan uudisrakennuksissa 5 %, saneerauskohteissa 3 % ja CS-projekteissa 2 % pienempi kuin ASHRAE 90.1-2010 -standardin mukaisessa vertailurakennuksessa</li><li>- Vaihtoehtoisten energiaoppaiden viitteet päivitetty uudistettuihin ASHRAE 50% Advanced Energy Design Guide -oppaisiin</li></ul>
	<b>Building-Level Energy Metering</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Uusi pakollinen krediitti</li><li>- Vaatimuksena mahdollisuus koko rakennuksen energiankulutuksen mittaamiseen</li></ul>

**Optimize Energy Performance**

- ASHRAE-standardin viitteet päivitetty ASHRAE 90.1-2010 -versioon
- Lisätty Retail- ja Data Centers -luokkien vaatimuksia
- Vaihtoehtoisten energiaoppaiden viitteet päivitetty uudistettuihin ASHRAE 50% Advanced Energy Design Guide -oppaisiin
- Pisteytys muuttunut:
  - Koko rakennuksen energiasimuloinnissa savutettavissa SCH-projekteissa 1–16 pistettä ja muissa projekteissa (pois lukien Healthcare-luokan kohteet) 1–18 pistettä
  - pisteet jakautuvat portaittain uusissa rakennuksissa 6–50 %:a, saneerauskohteissa 4–48 %:a ja CS-projekteissa 3–47 %:a vertailurakennusta pienemmästä energiankulutuksesta
- Energiaoppaissa pisteet nyt selkeästi esillä krediitin vaatimuksissa

**Advanced Energy Metering**

- Uusi krediitti
- Pisteitä jaossa 1 kpl
- Vaatimuksena mitata rakennuksen kokonaisenergiankulutus sekä kaikki sellaiset energian loppukäyttökohteet, jotka käsittävät yli 10 % rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta
- CS-luokassa vaatimuksena energiankulutusmittarointi tulevien vuokralaisten tiloihin
- Mittausdata tulee tallentua, olla etäluettavissa ja olla riittävän tarkkaa

**Demand Response**

- Uusi krediitti
- Pisteitä jaossa 1–2 kpl
- Vaatimuksena joko osallistua kuormien ohjaukseen liittyvään sähkönkulutuksen optimointiohjelmaan (2 pistettä) tai mikäli optimointiohjelmaa ei vielä ole tarjolla, valmistautua tulevaan ohjelmaan (1 piste)

**Renewable Energy Production**

- Nimetty uudelleen, vanha nimi On-Site Renewable Energy
- Vaatimukset voi nyt täyttää käyttämällä kohteen tontilla paikallisesti tuotetun energian sijaan energiayhteisössä lähellä kohdetta tuotettua uusiutuvaa energiaa, mikäli kohde omistaa osuuden uusiutuvaa energiaa tuottavasta laitoksesta tai tekee vähintään 10 vuoden leasing-sopimuksen energiasta
- Pisteytys uusittu
  - Pisteytys portaittain omistusosuuden tai leasing-sopimuksen mukaisen käyttöosuuden mukaan siten, että CS-luokassa 1 %:n uusiutuvan energian osuudella saa 1 pisteen, 3 %:n osuudella 2 pistettä ja 5 %:n 3 pistettä ja muissa luokissa 1 %:n osuudella 1 pisteen, 5 %:n osuudella 2 pistettä ja 10 %:n osuudella 3 pistettä

**Measurement and Verification**

- Krediitti poistettu
- Energiankulutuksen mittarointiin ja seurantaan liittyvät vaatimukset on siirretty pakollisen Building-Level Energy Metering -krediitin sekä Advanced Metering -krediitin vaatimuksiin

**Green Power and Carbon Offsets**

- Nimetty uudelleen, entinen nimi Green Power
- Vaatimus uusiutuvan energian sopimuksen kestosta pidennetty kahdesta vuodesta viiteen vuoteen
- Sopimus tulee olla joko uusiutuvilla energialähteillä tuotetusta, uusiutuvan energian sertifikaattien kautta hankitusta tai kasvihuonekaasujen osalta hyvitetystä energiasta
- Kasvihuonekaasujen hyvitystä voidaan käyttää vähentämään sekä suoria kasvihuonepäästöjä että epäsuoria, ostetun sähkön kulutuksesta aiheutuvia kasvihuonepäästöjä
- Pisteytys perustuu rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen vuositasolla
  - Kasvihuonepäästöiltään hyvitetyn tai uusiutuvilla energialähteillä tuotetun energian osuuden kattaessa vähintään 50 % kokonaisenergiankulutuksesta saa 1 pisteen ja 100 %:n osuudella 2 pistettä

Indoor Environmental Quality	<b>Controllability of Systems – Lighting</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Krediitti poistettu</li><li>- Krediitin vaatimukset siirretty uuteen Interior Lighting -krediittiin</li></ul>
	<b>Interior Lighting</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Uusi krediitti</li><li>- Krediitti sisältää poistetun Controllability of Systems – Lighting -krediitin vaatimuksia</li><li>- Käyttäjille tarjottavan henkilökohtaisen valonsäädön tulee sisältää vähintään kolme tilaa (päällä, pois ja 30–70 %:a maksimivalaistuksesta käsittävä välitaso). Valaistuksen säätöön liittyen jaossa yksi piste.</li><li>- Lisätty valaistuksen laatua koskevia vaatimuksia. Saavutettavissa yksi piste toteuttamalla vapaavalintaisesti neljä kohtaa seuraavista vaatimuksista:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kaikissa säännöllisesti käytössä olevissa tiloissa valaisinten luminanssin tulee olla vähemmän kuin <math>2500 \text{ cd/m}^2</math> 45–90 asteen kulmassa suoraan valaisimen alapuolelta lattiapinnasta katsottuna<ul style="list-style-type: none"><li>- Poikkeuksena epäsuorasti ylös valaisevat valaisimet, wallwash-tyyppiset valaisimet sekä jotkin suunnattavat valaisimet</li></ul></li><li>▪ Koko projektissa tulee käyttää lamppuja, joiden värinotoindeksi on vähintään 80<ul style="list-style-type: none"><li>- Poikkeuksena erityiskäytössä olevat, tarkoituksellisesti tietynväristä valoa tuottavat valonlähteet</li></ul></li><li>▪ Kokonaisvalaistuskuormasta 75 %:n osuudessa tulee käyttää lamppuja, joiden elinikä (tai ledeillä L70-arvo) on vähintään 24 000 tuntia</li><li>▪ Kaikissa säännöllisesti käytössä olevissa tiloissa kattovalaistuksessa pelkästään suoraa valoa tuottavia valaisimia saa olla enintään 25 % kokonaisvalaistuskuormasta</li><li>▪ 90 %:lla säännöllisesti käytössä olevista tiloista pinnan heijastavuuden keskiarvon vähimmäisvaatimuksena kattopinnoille 85 %, seinäpinnoille 60 % ja lattiapinnoille 25 %</li><li>▪ Kalusteita koskevat pinnan heijastavuuden keskiarvon vähimmäisvaatimuksena työpisteille 45 % ja liikuteltaville sermeille 50 %</li><li>▪ 75 %:lla säännöllisesti käytössä olevista tiloista seinäpintojen ja työpisteiden keskimääräisten valaistusvoimakkuuksi-</li></ul></li></ul>

en suhde ei saa olla enempää kuin 1:10. Lisäksi täytyy toteuttaa pintojen ja kalusteiden heijastavuutta koskevat vaatimukset tai osoittaa seinäpintojen keskimääräisen heijastavuuden olevan 60 %.

- 75 %:lla säännöllisesti käytössä olevista tiloista kattopintojen ja työpisteiden keskimääräisten valaistusvoimakkuuksien suhde ei saa olla enempää kuin 1:10. Lisäksi täytyy toteuttaa pintojen ja kalusteiden heijastavuutta koskevat vaatimukset tai osoittaa kattopintojen keskimääräisen heijastavuuden olevan 85 %.

## BREEAM-yhteispisteiden laskenta

Esimerkki BREEAM-yhteispisteiden laskennasta ja arvosanan määräytymisestä. [35, s. 40.]

Table 6 Example BREEAM score and rating calculation

<b>BREEAM Section</b>	<b>Credits Achieved</b>	<b>Credits Available</b>	<b>% of Credits Achieved</b>	<b>Section Weighting</b>	<b>Section score</b>
Management	7	10	70%	0.12	8.40%
Health & Wellbeing	11	14	79%	0.15	11.79 %
Energy	10	21	48%	0.19	9.05%
Transport	5	10	50%	0.08	4.00%
Water	4	6	67%	0.06	4.00%
Materials	6	12	50%	0.125	6.25%
Waste	3	7	43%	0.075	3.21%
Land Use & Ecology	4	10	40%	0.10	4.00%
Pollution	5	12	42%	0.10	4.17%
Innovation	1	10	10%	0.10	1%
<b>Final BREEAM score</b>				<b>55.87%</b>	
<b>BREEAM Rating</b>				<b>VERY GOOD</b>	
<b>Minimum Standards for BREEAM 'Very Good' rating</b>					
<b>Man 4 – Building User Guide</b>				✓	
<b>Hea 4 - High frequency lighting</b>				✓	
<b>Ene 2 Sub-metering of substantial energy uses</b>				✓	
<b>Wat 1 - Water consumption</b>				✓	

**BREEAM-alakohdat**

Kaikki BREEAM Europe Commercial -järjestelmän alakohdat. [35.]

	<b>Issue</b>
Man 1	Commissioning
Man 2	Constructors' Environmental & Social Code of Conduct
Man 3	Construction Site Impacts
Man 4	Building User Guide
Man 12	Life Cycle Cost Analysis
Hea 1	Daylighting
Hea 2	View Out
Hea 3	Glare Control
Hea 4	High frequency lighting
Hea 5	Internal and external lighting levels
Hea 6	Lighting zones and controls
Hea 7	Potential for Natural Ventilation
Hea 8	Indoor Air Quality
Hea 9	Volatile Organic Compounds
Hea 10	Thermal Comfort
Hea 11	Thermal Zoning
Hea 12	Microbial Contamination
Hea 13	Acoustic Performance
Hea 14	Office Space
Ene 1	Energy Efficiency
Ene 2	Sub-metering of Substantial Energy Uses
Ene 3	Sub-metering of High Energy Load and Tenancy Areas
Ene 4	External Lighting
Ene 5	Low or Zero Carbon Technologies
Ene 6	Building fabric performance and avoidance of air infiltration
Ene 7	Cold Storage
Ene 8	Lifts
Ene 9	Escalators and travelling walkways
Tra 1	Provision of Public Transport
Tra 2	Proximity to amenities
Tra 3	Alternative modes of transport
Tra 4	Pedestrian and Cyclist Safety
Tra 5	Travel Plan
Tra 6	Maximum Car Parking Capacity
Tra 7	Travel Information Point
Tra 8	Deliveries & Manoeuvring

Wat 1	Water Consumption
Wat 2	Water Meter
Wat 3	Major Leak Detection
Wat 4	Sanitary Supply Shut Off
Wat 6	Irrigation Systems
Wat 7	Vehicle Wash
Wat 8	Sustainable on-site water treatment
Mat 1	Materials Specification (Major Building Elements)
Mat 2	Hard Landscaping and Boundary Protection
Mat 3	Re-Use of Facade
Mat 4	Re-Use of Structure
Mat 5	Responsible Sourcing of Materials
Mat 6	Insulation
Mat 7	Designing for Robustness
Wst 1	Construction Site Waste Management
Wst 2	Recycled Aggregates
Wst 3	Recyclable Waste Storage
Wst 4	Compactor / Baler
Wst 5	Composting
Wst 6	Floor Finishes
LE 1	Reuse of Land
LE 2	Contaminated Land
LE 3	Ecological Value of Site and Protection of Ecological Features
LE 4	Mitigating Ecological Impact
LE 6	Long Term Impact on Biodiversity
Pol 1	Refrigerant GWP – Building Services
Pol 2	Preventing Refrigerant Leaks
Pol 3	Refrigerant GWP – Cold Storage
Pol 4	NO <sub>x</sub> emissions from heating source
Pol 5	Flood Risk
Pol 6	Minimising Watercourse Pollution
Pol 7	Reduction of Night Time Light Pollution
Pol 8	Noise Attenuation

## Sähkösuunnitteluun liittyvät BREEAM-alakohdat

Sähkösuunnitteluun liittyvät BREEAM-alakohdat, krediitit sekä viittaukset.

Hea 4 High frequency lighting	<b>Vähimmäisvaatimus</b>				
	Pass 1 krediitti	Good 1 krediitti	Very good 1 krediitti	Excellent 1 krediitti	Outstanding 1 krediitti
	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 1 krediitti		toimisto 1 krediitti	teollisuus 1 krediitti	
Hea 5 Internal and external lighting levels	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 1 krediitti		toimisto 1 krediitti	teollisuus 1 krediitti	
	<b>Viitteet</b>				
	SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus  SFS-EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places				
Hea 6 Lighting zones and controls	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 1 krediitti		toimisto 1 krediitti	teollisuus 1 krediitti	
Hea 14 Office Spaces	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 2 krediittiä		toimisto -	teollisuus 2 krediittiä	
	<b>Viitteet</b>				
	Hea 6 - Lighting zones and controls				

Ene 1 Energy Efficiency	<b>Vähimmäisvaatimus</b>				
	Pass -	Good -	Very good -	Excellent 6 krediittiä	Outstanding 10 krediittiä
	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 15 krediittiä	toimisto 15 krediittiä		teollisuus 15 krediittiä	
Ene 2 Sub-metering of Substantial Energy Uses	<b>Vähimmäisvaatimus</b>				
	Pass -	Good -	Very good 1 krediitti	Excellent 1 krediitti	Outstanding 1 krediitti
	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 1 krediitti	toimisto 1 krediitti		teollisuus 1 krediitti	
Ene 3 Sub-metering of High Energy Load and Tenancy Areas	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 1 krediitti	toimisto 1 krediitti		teollisuus 1 krediitti	
Ene 4 External Lighting	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 1 krediitti	toimisto 1 krediitti		teollisuus 1 krediitti	
Tra 3 Alternative modes of transport	<b>Krediitit</b>				
	vähittäismyynti 2 krediittiä	toimisto 2 krediittiä		teollisuus 2 krediittiä	
	<b>Viitteet</b>				
	SFS-EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places				

<p>Tra 4 Pedestrian and Cyclist Safety</p>	<b>Krediitit</b>		
<p>Pol 7 Reduction of Night Time Light Pollution</p>	<p>vähittäismyynti 2 krediittiä</p>	<p>toimisto 1 krediitti</p>	<p>teollisuus 1 krediitti</p>
	<p><b>Viitteet</b></p> <p>SFS-EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places</p>		
	<b>Krediitit</b>		
	<p>vähittäismyynti 1 krediitti</p>	<p>toimisto 1 krediitti</p>	<p>teollisuus 1 krediitti</p>
	<p><b>Viitteet</b></p> <p>CIE 150-2003 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, section 2.7</p> <p>CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow, table 2</p>		