



Valaistushankintojen energiatehokkuus

Kauppa- ja teollisuusministeriön (Työ- ja elinkeinoministeriön) suositukset julkisten hankintojen energiatehokkuudesta; valaistusosuuksien päivitys

Taustaraportti

Versio 4.0



VALAISTUSHANKINTOJEN ENERGIATEHOKKUUS

ALKULAUSE

Tämä raportti on taustaraportti Motiva Oy:n Suomen Valotekniseltä Seuralta (SVS) tilaamasta selvitystyöstä Kauppa- ja teollisuusministeriön (Työ- ja elinkeinoministeriön) suositukset julkisten hankintojen energiatehokkuudesta; valaistusosuuksien päivitys. SVS:ssä hankkeesta on vastannut Heikki Härkönen. Varsinaisen selvitystyön tekijöinä ja raportin laatijoina ovat toimineet sisävalaistuksen osalta Tapio Kallasjoki (Valaistussuunnittelu Tapio Kallasjoki) sekä ulkovalaistuksen osalta Antti Tiensuu (LiCon-AT Oy). Tilaajan puolelta hankkeen yhdyshenkilöinä ovat toimineet Seppo Silvonen ja Päivi Laitila Motiva Oy:stä.



SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO

2 VALAISTUKSEN LAATUVAATIMUKSET

2.1 SISÄVALAISTUS

- 2.1.1 Yleiset periaatteet
- 2.1.2 Tila- ja tehtäväkohtaiset suositukset
- 2.1.3 Urheilutilojen valaistus
- 2.1.4 Turvavalistus

2.2 ULKOVALAISTUS

- 2.2.1 Yleiset periaatteet ulkovalaistuksessa
- 2.2.2 Ulkoaluevalaistus
- 2.2.3 Liikunta- ja urheilupaikat
- 2.2.3 Tie- ja katuvalaistus

3 ENERGIANSÄÄSTÖKRITEERIT

3.1 SISÄVALAISTUS

3.1 ULKOALUEET

4 LÄHTEET

5 LIITTEET

Liite 1. SFS-EN 12464 Annex F



1 JOHDANTO

Selvitystyön tavoitteena on ollut päivittää ja syventää vuonna 2000 julkaistut Kauppa- ja teollisuusministeriön (Työ- ja elinkeinoministeriön) suositukset julkisten hankintojen energiatehokkuudesta valaistuksen osalta.

Työn tavoitteina olivat:

- julkisten hankintojen energiatehokkuussuositusten tekstiosuoksien päivitys valaistuksen osalta
- taustaraportin laatiminen
- elinkaarikustannusten laskentatyökalujen tuottaminen

Lähestymistapana laadituissa energiatehokkuussuosituksissa oli

- koota valaistukset laatukriteerit yleisimpiin käyttötarkoituksiin
- määrittellä valaistuksen energiatehokkuusmittarit
- laatia valaistuksen energiatehokkuussuositukset yhdistämällä kyseiset laatukriteerit ja energiatehokkuusmittarit

Valaistuksen laatukriteerien, energiatehokkuusmittareiden sekä energiatehokkuussuositusten kokoamisessa pyrittiin mahdollisimman pitkälti soveltamaan valaistusalan voimassa olevia standardeja ja käytäntöjä. Varsinaisten energiatehokkuussuositusten osalta selvitystyössä kävi ilmi, ettei vastaavia suosituksia valaistuksen osalta ole laadittu tai otettu käyttöön muualla.

2 VALAISTUKSEN LAATUVAATIMUKSET

Valaistuksen energiansäästöissä ei saa tinkiä valaistuksen laadusta. Hyvän valaistuksen käsite muodostuu suuresta määrästä eri osatekijöitä. Suunniteltaessa uutta rakennuskohdetta rakennuttajalla, arkkitehdillä, valaistussuunnittelijalla ja käyttäjällä voi olla tästä hyvin erilainen käsitys. Valaistussuositukset lähtevät siitä, kuinka hyvin kyseisessä valaistuksessa pystytään suorittamaan näkemiseen liittyvä työtehtävä. Suomessa on käytetty perinteisesti Suomen Valoteknillisen Seuran laatimia sisä- ja ulkotyöpaikkojen valaistussuosituksia. Nykyisin nämä suositukset on korvattu uusilla eurooppalaisilla SFS-EN 12464 -standardeilla.

2.1 SISÄVALAISTUS

2.1.1 Yleiset periaatteet

Vanhat valaistusasennukset on pääosin suunniteltu kansallisten sisätyöpaikkojen valaistusta koskevien suositusten [1] perusteella. Eurooppalaisen standardointijärjestön (CEN) toimesta on nyt käytössä uusi koko Eurooppaa koskeva sisätyöpaikkojen valaistusstandardi EN 12464-1 [2]. Kyseinen standardi on siis korvannut vanhat valaistussuositukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS on suoraan kääntänyt sisätyöpaikkoa koskevan uuden standardin suomeksi.

Uusi standardi käsittelee suurelta osin samoja tekijöitä kuin vanhakin suositus, mutta siinä on myös oleellisia eroja vanhoihin suosituksiin nähden. Seuraavassa tarkastellaan, mitä muutoksia uusi standardi on tuonut mukanaan.



Valon määrä, valaistusvoimakkuus

Valaistussuosituksissa valon määrä esitetään suositeltavina tila- ja tehtäväkohtaisina valaistusvoimakkuusarvoina. Standardissa annetaan vain yksi valaistusvoimakkuuden suositusarvo E_m . Kyseessä on valaistusvoimakkuuden huoltoarvo, jonka alle valaistustaso ei saa pudota asennuksen eliniän aikana. Kyseessä on siis ennen valaistushuoltoa saatava keskimääräisen valaistusvoimakkuuden minimiarvo ja suunnittelijan on suunnitelmia laatiessaan osattava arvioida, kuinka paljon valaistustaso tulee jatkossa putoamaan asennuksen vanhetessa.

Valaistusvoimakkuutta ei määritellä koko tilaan vaan ainoastaan työalueelle. Työalueen kokoa ei määritellä, vaan se jätetään suunnittelijan tehtäväksi. Energiatalouden kannalta valaistustasovaatimuksen määrittäminen työalueelle on järkevää, koska tällöin valo voidaan keskittää työalueelle ja valaista pienemmällä valon määrällä ne tilat, joissa ei vaadita tarkkaa näkemistä. Jotta tämä ei johtaisi siihen, että valo keskitettäisiin ainoastaan työskentelyalueelle ja näin saataisiin aikaan sopeutumisvaikeuksia näköaistille, määritellään uudessa standardissa myös valaistustasot työalueen välittömälle lähiympäristölle. Välittömän lähiympäristön muodostaa puolen metrin vyöhyke työalueen ympärillä. Sekä työalueelle että sen välittömälle ympäristölle määritellään lisäksi omat valaistuksen tasaisuusarvonsa. Valaistuksen tasaisuus tarkoittaa miniarvon suhdetta keskiarvoon. Myös koko työskentelytilaan on asetettu minimivaatimukseksi 200 lx. Taulukossa 2.1 on esitetty vaatimukset työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhteille.

Taulukko 2.1 Työalueen ja sen välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhteet ja ohjeet valaistuksen tasaisuudelle.

Työalueen valaistusvoimakkuus (lx)	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus (lx)
>750	500
500	300
300	200
<200	sama kuin kohteessa
Tasaisuus: > 0,7	Tasaisuus: > 0,5

Häikäisy

Standardissa häikäisyä arvioidaan UGR-häikäisyindeksin avulla. Indeksien käyttö on jokseenkin monimutkaista. Jos halutaan manuaalisesti määrittää häikäisyindeksi, se edellyttää, että valaisinvalmistaja on laatinut valmiit valaisinkohtaiset taulukot, joiden avulla häikäisyindeksi voidaan määrittää. Tällä hetkellä näitä taulukoita ei valaisimien tuote-esitteissä ole. Toisena vaihtoehtona on, että valaisinvalmistajien toimittamiin valaistuskalkulaattoreihin lisätään toiminto, jolla häikäisyindeksi voidaan laskea.

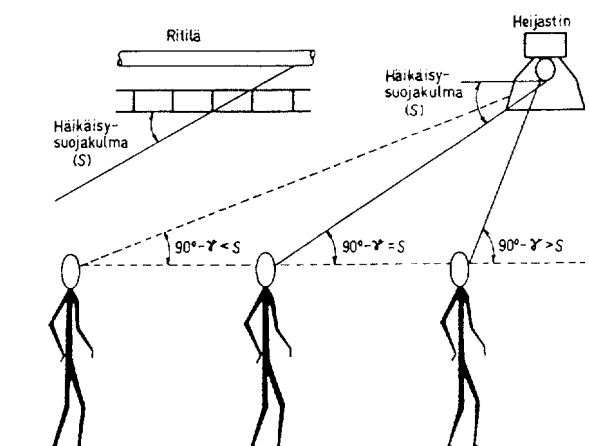
Esimerkiksi nykyisin yleisesti käytössä olevalla DIALux-laskentaohjelmalla UGR-arvo voidaan määrittää.

Uutena piirteenä suosituksissa on, että valaisimille, joissa käytetään suuriluminanssisia valonlähteitä ("lamppuja, joiden pinta on hyvin kirkas"), annetaan pienimmät sallitut suojauskulmat (ks. kuva 2.1). Nämä on esitetty taulukossa 2.2.

Taulukko 2.2 Minimisuojauskulmat eri luminanssia oleville lamppuille

Lampun luminanssi kcd/m ²	Minimi häikäisysojauskulma
20 < 50	15 astetta
50 < 500	20 astetta
> 500	30 astetta

Ne lamput, joiden pintaluminanssi ylittää kyseisen taulukon arvot, ovat lähinnä suurpaineisia purkauslamppuja (elohopea, monimetalli ja suurpainenatrium), halogeenilamppuja sekä joitakin erittäin tehokkaita yksikantaloistelamppuja ja T5-loistelamppuja. Käytännössä kyseisellä suosituksella voi siis olla vaikutusta lähinnä teollisuusvalaistukseen, koska toimistotilojen valaisimissa suojauskulmat yleensäkin ovat jo suuret ja valtaosalla loistelamppuja luminanssi jää alle taulukon pienimmän 20 kcd/m² arvon alle.



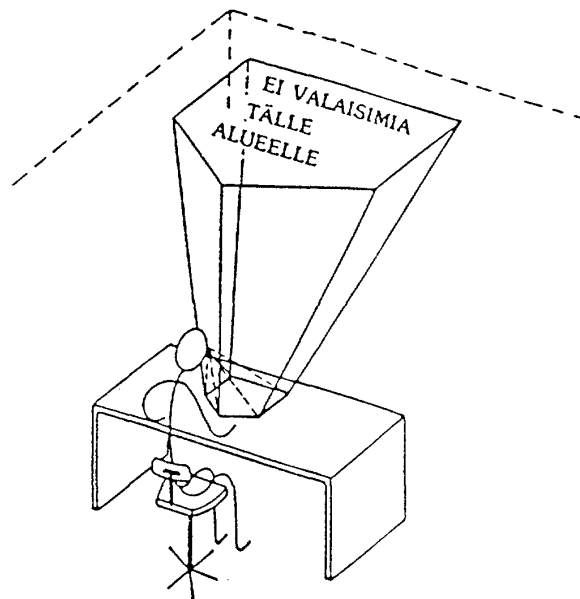
Kuva 2.1 Häikäisysojauskulman määrittely rajaavassa häikäisysojauksessa [1]

Kiiltokuvastuminen ja epäsuora häikäisy

Vanhojen kansallisten suositusten opastavassa osassa annettiin kiiltokuvastumisen ja epäsuoran häikäisyn estämiseksi pienimpiä sallittuja arvoja kontrastintoistosuhteelle. Uudessa eurooppalaisessa standardissa ei numeerisia arvoja anneta. Syynä voi olla se, että tällöin olisi standardoitava myös mittauksissa käytettävä näkökohde, koska kontrastintoistosuhteen arvo riippuu sekä valaistuksesta että näkökohteesta.

Standardi kuitenkin listaa joukon keinoja, joilla kiiltokuvastumisongelmia voidaan välttää. Näitä ovat

- valaisimen ja työalueen oikea keskinäinen sijoitus (kuva 2.2)
- mattapintaisten materiaalien käyttö
- valaisimien luminanssien rajoittaminen
- valaisimien koon suurentaminen
- huonepintojen luminanssitasojen nostaminen.



Kuva 2.2 Suorassa valaistuksessa kiiltokuvastumisesta ja epäsuorasta häikäisystä aiheutuvia haittoja voidaan välttää, kun valaisimia ei sijoiteta kiiltokuvastumisalueelle. Alue nähdään helposti esimerkiksi sijoittamalla työskentelyalueelle peili, jolloin peilistä ei saisi näkyä paljaita lamppeja tai kirkkaita valaisimien valoaukkoja. [3]

Valon väriominaisuudet

Oikea valon värisävy riippuu suositusten mukaan psykologiasta, estetiikasta ja siitä, mikä koetaan luonnolliseksi kussakin tilanteessa. Niinpä standardi ei suositakaan



mitään erityistä värilämpötilaa käytettäväksi. Valon värintoistolle sen sijaan annetaan hyvinkin tiukkoja raja-arvoja.

Vanhoissa suosituksissa valon värintoiston vaatimukset määritettiin värintoistoluokkien avulla. Esimerkiksi toimistoissa vaatimus oli yleisesti luokka 1B eli yleinen värintoistoindeksi (R_a -indeksi) välillä 80-90. Useimmissa teollisuustiloissa vaatimuksena oli luokka 3 ($40 < R_a < 60$) ja joillain alueilla myös luokka 4 ($20 < R_a < 40$).

Uuden standardin mukaan lamppuja, joiden värintoistoindeksi on pienempi kuin 80, ei tule käyttää tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti. Tämä ei juuri tuo muutosta toimistotiloihin. Sen sijaan teollisuustiloissa värintoistovaatimukset ovat selvästi aiempaa tiukempia. Erittäin harvoissa kohteissa värintoistoindeksille sallitaan arvoja alle $R_a=60$. Kun tiedetään, että Suomessa teollisuudessa käytetään yleisesti suurpainenatriumlamppuja ja että tavanomaisen natriumlampun värintoistoindeksi on noin 25, asettaa standardi paineita siirtyä paremman värintoiston omaaviin lamppuihin, kuten värikorjattuihin suurpainenatriumlamppuihin tai monimetallilamppuihin.

Näyttöpäättilojen valaistus

Näyttöpäättilojen valaistukseen uusi standardi tuo suosituksen, joka ottaa huomioon näyttöpäätteissä tapahtuneen kehityksen. Vanhassa suosituksessa todettiin, että sellaisten valaisimien luminanssien, joiden kuvajaiset työntekijä voi nähdä päätteeltä, tulee olla pieniä, enimmillään 200 cd/m^2 . Tämä suositus johti aikoinaan hyvin laajamittaiseen pienluminanssivalaisimien käyttöön toimistovalauksessa. Valaisimet olivat vaativan heijastintekniikan takia kalliita ja asennuksessa syntyvä tilavaikutelma usein synkkä.

Suositus oli järkevä tilanteessa, jossa näyttöpäätteiden taustaväri oli tumma. Päätteet ovat kuitenkin kehittyneet ajan myötä, ja nyt tällaisia päätteitä käytetään enää lähinnä joissain teollisuuden valvomotiloissa ja joidenkin tällaiseen työskentelytapaan tottuneiden työntekijöiden CAD-työpisteissä. Nykyisin yleisesti käytössä oleville standardin ISO 9241-7 mukaisille keskimääräisille ja hyvää tasoa oleville näytöille standardi asettaakin luminanssirajaksi 1000 cd/m^2 , joka sallii muun muassa epäsuoran valaistuksen hyödyntämisen.

2.1.2 Tila- ja tehtäväkohtaiset suositukset

Standardissa SFS-EN 12464-1 on annettu tila- ja tehtäväkohtaiset suositukset taulukkomuodossa. Taulukoissa annetaan keskimääräinen valaistusvoimakkuuden huolto-arvo E_m , pienin sallittu häikäisyindeksi UGR_L sekä pienin sallittu yleinen värintoistoindeksi R_a . Lisäksi on saatettu antaa joitakin erityisiä huomauksia. Seuraavassa on esitetty tilaryhmät, joiden mukaan taulukko on jaoteltu, sekä muutama esimerkki taulukon arvoista.



Liikennealueet ja rakennusten yleiset tilat

Taulukko 2.3 Esimerkki liikennealueiden suosituksesta [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
1.1.1	Liikennealueet ja käytävät	100	28	40	Valaistusvoimakkuus lattiatasolla
1.1.2	Portaikot liukuportaat, kuljettimet	150	25	40	
1.1.3	Ajoluiskat, lastausalueet	150	25	40	

Erityistä huomiota liikennealueilla on kiinnitettävä huomiota sisä- ja ulkotilan jyrkän valaistusvoimakkuuseron poistamiseen.

Teollisuus ja käsityö

Teollisuuden valaistussuositukset vaihtelevat suuresti riippuen näkötehtävistä.

Taulukko 2.4 Esimerkki kokoonpanotyöstä [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
2.13.11	Kokoonpano: - karkea - tavallinen - hieno - tarkkuustyö	200 300 500 750	25 25 22 19	80 80 80 80	Korkeat tilat, ks 4.6.2.

Korkeissa tiloissa, joissa käytetään syväsiteilijätyyppejä valaisimia, voidaan sallia värinointindeksiltään alle 80 olevia ratkaisuja, kun varmistetaan, että värinointi on parempi jatkuvasti käytössä olevissa kiinteissä työpisteissä ja että turvavärit pystytään tunnistamaan.



Toimistot

Taulukko 2.5 Toimistotilojen valaistussuosituksia [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
3.1	Arkistointi, kopiointi, jne	300	19	80	
3.2	Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500	19	80	Näyttöpäätetyö: katso luku 2.1.1
3.3	Tekninen piirtäminen	750	16	80	
3.4	CAD-työasemat	500	19	80	Näyttöpäätetyö: katso luku 2.1.1
3.5	Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
3.6	Vastaanottotiski	300	22	80	
3.7	Arkisto	200	25	80	

Liiketilat

Taulukko 2.6 Liiketilöiden valaistussuosituksia [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
4.1	Myyntialue	300	22	80	Sekä valaistusvoimakkuus että UGR-vaatimus riippuvat myymälän tyypistä
4.2	Kassa-alue	500	19	80	
4.3	Pakkauspöytä	500	19	80	

Julkiset kokoontumistilat

Taulukko 2.7 Esimerkki kirjastosta [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
5.6.1	Kirjahyllyt	200	19	80	
5.6.2	Lukualue	500	19	80	
5.6.3	Palvelutiskit	500	19	80	

Opetustilat

Opetustilojen osalta suorituksia on annettu lastentarhoihin, eri tyyppisiin luokkahuoneisiin ja koulun muihin tiloihin.



Taulukko 2.8 Esimerkki koulujen valaistussuosituksista [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L	R_a	Huomautukset
6.2.1	Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
6.2.2	Luokkahuoneet iltakäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
6.2.3	Luentosali	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
6.2.4	Liitutaulu	500	19	80	Suuntaheijastumisia vältettävä

Terveydenhoitotilat

Terveydenhoitotiloissa suosituksia on annettu erilaisiin tutkimushuoneisiin ja toimenpidetiloihin sekä yleisiin tiloihin.

Taulukko 2.9 Esimerkki vuodeosaston valaistussuosituksista [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L	R_a	Huomautukset
7.3.1	Yleisvalaistus	100	19	80	Valaistusvoimakkuus lattiatasolla.
7.3.2	Lukuvalaistus	300	19	80	
7.3.3	Yksinkertaiset tarkastukset	300	19	80	
7.3.4	Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	80	

Kuljetus- ja liikennealueet

Kuljetus- ja liikennealuita koskevat suositukset on taulukot koskevat lentoasemia ja rautateitä. Rautateillä on Suomessa myös omat ratahallintokeskuksen laatimat tarkemmat sisäiset suositukset.

Taulukko 2.10 Esimerkki eurooppalaisista rautateitä koskevista suosituksista [2]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L	R_a	Huomautukset
8.2.1	Katetut laiturit ja matkustajatunnelit	50	28	40	
8.2.2	Asemahalli	200	28	40	
8.2.3	Lippu- ja matkatavaratoimistot sekä palvelutiskit	300	19	80	
8.2.4	Odotushuoneet	200	22	80	



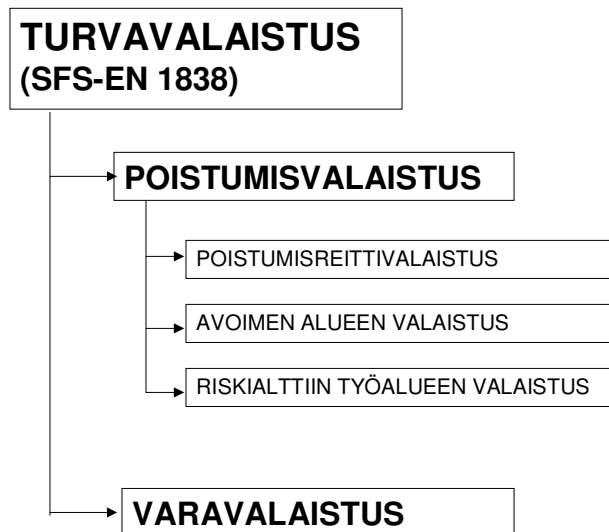
2.1.3 Urheilutilojen valaistus

Urheilutilojen valaistusvaatimukset löytyvät standardista SFS-EN 12193 [4]. Ne koskevat sekä sisä- että ulkotiloja. Standardissa on kullekin urheilulajille määritelty varsinainen alue, jossa urheilusuoritus tapahtuu sekä ns. referenssialue, jota valaistussuosituksia koskevat. Standardi määrittelee myös, kuinka mittauksilla varmistetaan vaatimusten täytyminen. Ulkovalaistuksen osalta annetaan myös raja-arvot häiriövalolle.

Valaistusvaatimukset jaetaan kolmeen eri luokkaan riippuen siitä, onko kyseessä kansainvälinen, kansallinen vai paikallinen urheilutapahtuma, onko kyse harjoittelusta vai kilpaurheilusta vai onko kyseessä koulu-, urheilu- tai virkistystapahtuma. Valaistusvaatimuksia annetaan sekä horisontaaliselle että vertikaaliselle valaistusvoimakkuudelle. Myös häikäisysojaukselle on omat vaatimuksensa. Sisätilojen osalta käytetään standardissa SFS-EN 12463-1 määritettyä UGR-arvoa ja ulkotiloissa GR-arvoa. Myös valaistuksen tasaisuudelle ja värintoistolle asetetaan vaatimuksia. Erityisvaatimuksia valaistukselle on annettu, jos tapahtuma lähetetään väritelevisiolla välityksellä tai tallennetaan filmille. Standardia on tarkemmin käsitelty luvussa 2.2.3.

2.1.4 Turvalaistus

Julkisten rakennusten rakennusluvan ehtona on yleensä turvalaistuksen toteuttaminen. Suomessa turvalaistuksesta on annetut ohjeet löytyvät sisäasianministeriön päätöksestä 805/2005 ja siihen liittyvästä perustelumistiosta. Turvalaistuksen laadimisesta löytyy myös standardi SFS-EN 1838, jonka vaatimuksista osa on velvoittavia. Turvalaistusta tarvitaan hätäpoistumiseen rakennuksesta ja töiden turvallista lopettamista varten. Joissain tapauksissa turvalaistuksen avulla mahdollistetaan töiden jatkaminen. Tällöin on kyseessä varvalaistus. Turvalaistuksen eri osa-alueita selventää kuva 2.3.



Kuva 2.3 Turvavalaistuksen eri osa-alueet

Turvavalaistukselle on määritelty tarkat laatu- ja määrävaatimukset. Laatuvaatimukset koskevat lähinnä häikäisysojausta ja poistumisopasteiden luminanssiarvoja. Valon määrälle on asetettu vaatimuksia poistumisreiteillä ja avoimella alueella. Myös turvavalaistus kuluttaa energiaa. Turvavalaistus toimii normaalin valaistuksen häiriötilanteessa. Poistumisopasteiden on puolestaan toimittava jatkuvasti, joten niiden käyttöaika on pitkä. Valaistuksen energiankulutusta arvioitaessa on myös turvavalaistus otettava mukaan.



2.2 ULKOVALAISTUS

2.2.1 Yleiset periaatteet ulkovalaistuksessa

Ulkovalaistuksen päätehtävä on taata katujen ja teiden turvallinen käyttö pimeään aikaan niin jalankulkijoille kuin ajoneuvoillekin sekä ulkotyöalueilla työn tehokkaan ja turvallisen tekeminen. Valaistuksella mahdollistetaan myös liikuntapaikkojen harrastus ja kilpailutoiminta pimeällä olevaan vapaa-aikaan. Valaistus lisää sekä henkilöiden että omaisuuden turvaa luoden samalla turvallisuuden tunnetta. Näille moninaisille eri sovellusalueille on useita eri valaistuksen osatekijöitä, jotta valaistus saadaan laadukkaasti oikein toteutettua.

Ulkovalaistuksen suositusten pohjana ovat toiminnot, työtehtävät ja niiden vaativuus jossa näkötehtävä suoritetaan. Nykyisin erilaiset suositukset korvautuvat uusilla sovelluskohtaisilla eurooppalaisilla standardeilla.

2.2.2 Ulkoaluevalaistus

Ulkotyöalueiden valaistusstandardi SFS-EN 12464-2 [5] määrittelee eri työpaikoille ja niissä tehtäville töille keskimääräisen valaistusvoimakkuuden (E_m) ja valaistuksen tasaisuuden (U_o) vähimmäisarvot raja-arvot. Valaistuksen värintoistokyvyn tulee myös olla annettujen käyttötarkoituskohdainten arvojen mukaiset eikä häikäisy saa ylittää annettua raja-arvoa.

Suosittelut valaistusvoimakkuudet työalueilla on esitetty SFS-EN 12464-2 standardin taulukoissa. Taulukoissa on esitetty 15 alueelle ja yhteensä 98 eri käyttötarkoitukselle valaistuksen vaatimukset. Näistä sovelletaan niitä, jotka olosuhteiden tai työ- ja siihen liittyvän näkötehtävän osalta vastaavat standardin käyttötarkoitus -sarakeessa esitettyä kuvausta.

Taulukko 2.11 Ulkotyöalueiden valaistussuositusten periaatteet [5]

Alueen käyttötarkoitus	E_m	U_o	GR_L	R_a	Huom
Kuvaukset käyttötarkoituksista joille on määritetty valaistuksen raja-arvot	5 – 300	0,1 – 0,5	45 – 55	20 – 60	Esim. osin poikkeavia vaatimuksia

E_m = valaistusvoimakkuuden keskiarvon vähimmäisarvo (lx)

U_o = valaistuksen yleistasaisuuden vähimmäisarvo

GR_L = häikäisyn suurin sallittuarvo

R_a = värintoistoindeksin vähimmäisarvo

Tehtäväkohtaisesti annetut valaistusvoimakkuussuositukset tarkoittavat asennuksen arvoja ennen huoltoa. Suunnitelmassa tämä huomioidaan ns. alenemakertoimella. Käytettävien alenemakertoimien arvo riippuu lampun, liitäntälaitteen ja valaisimen ominaisuuksista sekä ympäristöstä ja laadittavasta huolto-ohjelmasta.



Standardissa annetaan myös annetuille käyttötarkoitukskohtaisille arvoille ns. korotetut valaistusvoimakkuuden arvot jos:

- näkötehtävät työssä ovat kriittisiä
- virheet ovat kalliita korjata
- tarkkuus tai suurempi tuottavuus ovat erittäin tärkeitä
- työntekijän näkökyky on normaalia huonompi
- katsottavien kohteiden yksityiskohdat ovat pieniä tai kontrasti alhainen
- työtä tehdään epätavallisen pitkä aika

Jos näkemisen ja tekemisen kannalta jokin tai jotkut yllä olevista olosuhteista tai tekijöistä edellyttävät, niin valaistustasoa nostetaan. Standardin esittämiä valaistusvoimakkuuden keskiarvoja nostetaan vähintään yhdellä arvolla seuraavan jaottelun mukaan 5->10-> 20->30->50->75->100->150->200->300->500. Esimerkiksi vaaditun raja-arvon ollessa 50 lx korotetaan arvoon 75 lx.

Standardin mukaan valaistustasoa voidaan vastaavasti laskea em. pykälän, jos

- katseltavien kohteiden yksityiskohdat ovat epätavallisen suuria tai kontrastierot ovat suuria
- työtä tehdään epätavallisen lyhyt aika

Hyvässä valaistuksessa on oleellista, että vaaditun valaistusvoimakkuuden ohella myös laadulliset - tasaisuus, häikäisy ja värintoisto - tarpeet tyydytetään.

Työmaalla olevan työskentelyalueen (alue, jolla varsinainen näkötehtävä suoritetaan) ja sen lähiympäristön valaistusvoimakkuus. Lähiympäristön valaistusvoimakkuuden tulee olla suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen ja sen tulee saada aikaan tasapainoinen luminanssijakauma näkökentässä.

Standardin suosituksen mukaiset työskentelyalueen ja lähiympäristön valaistusvoimakkuudet ovat oheisen taulukon mukaiset.

Taulukko 2.12 Ulkotyöalueiden työskentelyalueen ja ympäristön valaistusvoimakkuudet [5]

Työskentelyalueen valaistusvoimakkuus lx	Työskentelyalueen ympäristön valaistusvoimakkuus lx
>200	50
150	30
50 < E < 100	20

Kohteen valaistusvoimakkuuden ollessa 30 lx tai alhaisempi samaa valaistusvoimakkuutta käytetään koko alueella.

Standardissa esitetään myös vaatimukset häiriövalon rajaamiselle.



2.2.3 Liikunta- ja urheilupaikat

Valo ja valaistus – Urheilupaikat EN 12193 [4] -standardi määrittää urheiluvalaistuksen siten, että saadaan aikaan hyvät valaistussolosuhteet niin pelaajille, harrastajille, urheilijoille ja tuomareille sekä katsojille että väritelevisioiduille.

Standardissa esitetään vaatimukset yleisimmille Euroopassa harrastetuille urheilulajeille. Vaatimukset esitetään niin sisä- kuin ulkourheilukin. Standardissa EN 12193 esitetyt vaatimukset ovat ns. minimiarvot eli vähimmäistavoite.

Lajeittain määritellään keskimääräisen valaistusvoimakkuuden (E_m) ja valaistuksen tasaisuuden (U_o) raja-arvot. Häikäisy ei saa ylittää annettua raja-arvoa. Lamppujen väriloisto-ominaisuuksien eli väriloistokyvyn tulee myös olla annettujen käyttötarkoitukskohtaisten arvojen mukaiset.

Hätävalaistuksessa sovelletaan standardin EN 1838 esittämiä vaatimuksia.

EN 12193 -standardin alla esitetyn mukaisessa 28 eri taulukossa esitetään 37:n eri ulkourheilulajin vaatimukset.

Taulukko 2.13 Ulkourheilulajien valaistusvaatimusten esittämisen periaate [4]

ULKKO		Alueen / kentän mitat		Valaistuksen laskentapisteen lkm	
		Pituus / m	Leveys / m	pituus suunn.	leveys suunn.
Laji tai lajit		Xx	Yy	Nx	Ny
Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus		GR		R _a
	E_{av} / lx	E_{min} / E_{av}			
I					
II					
III					

Taulukossa määritellään lajikohtaiset kenttien mitat ja kentän mittojen suhteessa olevat valaistuksen mitoituspisteiden lukumäärät. Pisteet asettuvat tasajaollisesti laskettavalle alueelle.

E_{av} = valaistusvoimakkuuden keskiarvon vähimmäisarvo (lx)

E_{min} / E_{av} = valaistuksen yleistasaisuuden vähimmäisarvo

GR = häikäisyn suurin sallittuarvo

R_a = väriloistoindeksin vähimmäisarvo



Lajeittain esitetään kolme eri valaistusluokkaa. Valaistusluokan valinta ja sen mukaan valaistustaso suoritetaan kilpailu- tai harrastustason mukaan.

Taulukko 2.14 Ulkourheilulajien valaistusluokan valintaperiaate [4]

Kilpailu- Taso	Valaistusluokka		
	I	II	III
Kansainvälinen ja kansallinen	*		
Alueellinen	*	*	
Paikallinen	*	*	*
Harjoittelu		*	*
Virkistys- ja koululiikunta			*

Opas häiriövalon rajoittamiseen

Oppaan häiriövalon rajoittamisesta CIE 150:2003 [6] sisältämät rajaukset sisältyvät myös ulkotyöalueiden ja urheilualueiden sekä myös tie- ja katuvalaistusta määrääviin standardeihin.

Taulukko 2.15 Häiriövalon ympäristöluokat [6]

Luokka	E1	E2	E3	E4
Ympäristö	Luonnontilainen	Maalaismainen	Esikaupunki	Kaupunki
Valaistusympäristö	Pimeä	Vähäistä alueellista valaistusta	Keskitasoista alueellista valaistusta	Voimakasta alueellista valaistusta

Valaistushankkeiden ympäristöt jaetaan yllä olevan taulukon mukaisesti toiminnallisuuden ja ympäristön valoisuuden mukaisesti neljään ympäristöluokkaan.

Taulukko 2.16 Häiriövalon raja-arvot eri ympäristöille [6]

Ympäristö- luokka	Taivaan valottuminen ULR %	Valo ikkunoihin		Valonlähteen valovoima		Rakennuksen luminanssi	
		E_v lx		I kcd		L_{av} cd /m ²	L_{max} cd /m ²
		ilta	yö	ilta	yö	ilta-aika	
E1	0	2	1	2,5	0	0	0
E2	5	5	1	7,5	0,5	5	10
E3	15	10	2	10	1,0	10	60
E4	25	25	5	25	2,5	25	150

Eri ympäristöalueilla tulee häiriövalo eli käyttökohteen ulkopuolelle suuntautuva valo rajata yllä olevan taulukon mukaisesti.

ULR % = valaistusasennuksesta (valaisimet on suunnattu käyttöasentoonsa), vaakatason yläpuolelle suuntautuvan valon enimmäisosuus.

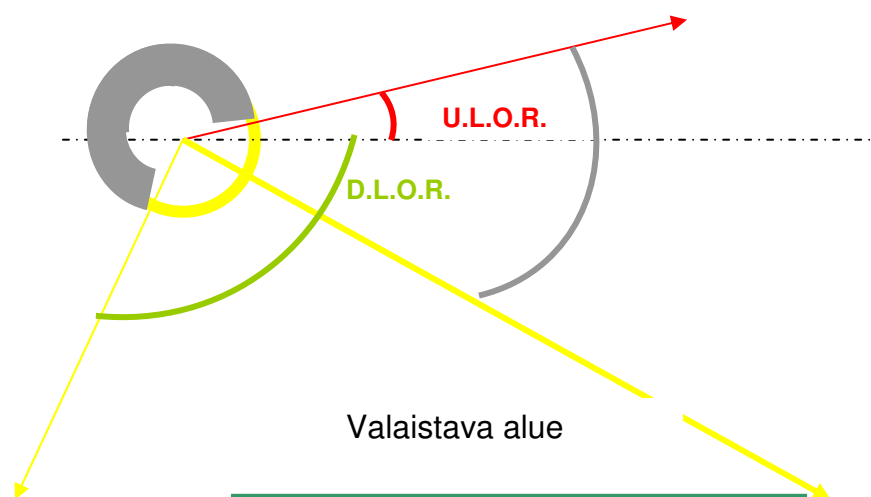
E_v / lx = rakennusten ikkunoihin suuntautuva pystypinnan valaistusvoimakkuus; lasketaan suunnittelun yhteydessä tai tarvittaessa jälkepäin mitataan.

I / kcd = valovoima, joka suuntautuu ”häiritävään” kohteeseen, on valaistussuunnitelmista ja -laskelmista saatava arvo.

$L_{av} / cd/m^2$ = valaistusasennuksen ympäristö rakennusten seinäpinnoille aikaan saama pintakirkkaus eli luminanssi.

Häiriövalo

Valaistuskohdeessa asennettujen valaisimien vaakatason yläpuolelle suuntautuva valo on ns. häiriövaloa, jolle taulukossa määritetään raja-arvot. ULR (upward lighting ratio) on valaistusasennuksessa vaakatason yläpuolelle suuntautuvan valon osuus valaisimien tuottamasta valosta. Vaakatason alapuolinen valo, joka aiheuttaa ärtymystä, epämiellyttävyyttä ja vaikeuttaa oleellisen informaation näkemistä, on myös häiriövaloa.



Kuva 2.4 Valaisin ja häiriövalo



Valaisimen hyötysuhde (L.O.R) ilmoittaa kuinka hyvin lampun tuottama valovirta saadaan ulos valaisimesta. Nykyaikaisilla valonheittimillä hyötysuhde on 0,65 – 0,80. Tievalaisimien hyötysuhde on 0,75 – 0,85.

Valaisimista määritellään myös erikseen D.L.O.R, joka on vaakatason alapuolelle tulevan valon hyötysuhde. U.L.O.R. kuvaa valaisimen vaakatason yläpuolelle suuntautuvan valon hyötysuhdetta. Tämä osa ei ole hyödynnettävissä työaluevalaistuksessa vaan on häiriövaloa.

2.2.4 Tie- ja katuvalaistus

Katuvalaistus on saatava aikaan mahdollisimman tarkoituksenmukaisin ja pienin elinkaarikustannuksin. Huolellisen suunnittelun ja ohjauksen avulla taajaman valaistuksen laatua parannetaan siten, että se johtaa tarvittavan valon määrän alenemiseen vähentäen samalla energian kulutusta ja parantaen kustannustehokkuuden.

Valaistustaso vaihtelee näkemisvaatimuksien mukaan erilaisissa liikenne- ja ympäristöolosuhteissa. Liikennemäärät ja osaltaan myös liikenne ovat erilaisia erityyppisillä kaduilla. Keskustassa liikkeet ja mainosvalot tuovat lisää valoa kadulle, mutta vastaavasti ne tekevät liikenteessä havainnoimisen vaikeammaksi. Asuinalueilla, keskustan ulkopuolella, on katu ympäristö liikenteessä näkemisen kannalta rauhallisempaa vähentäen valon tarvetta ja syntyvää häiriövaloa.

Toteutussuunnittelua varten katuverkon toiminnallisen luokituksen kolmelle katuluokalle (pää-, kokooja- ja tonttikadulle) kullekin on valittu oma valaistustaso ja tasaisuusvaatimukset.

Valaistusluokan valinta liikenteen ominaisuuksien mukaan määrittää valaistustason valinnan. Taulukossa esitetyt valaistusluokkia vastaavat tarkasti määritellyt valotekniset arvot. Nämä arvot esitetään valaistuksen mitoitus varten luokanvalintaa ohjaavan taulukon jälkeen. (Suomen Kuntaliitto - Ulkovaistuksen tarveselvitys / Suunnitelmaselostus / yleinen osa – 2002. [7].)



Taulukko 2.17 Valaistusluokat tie- ja katuvalaistuksessa [7]

Toiminnallinen Luokka	Liikenne	Nopeus- rajoitus	Liittymät	Valaistus- luokka
Pääkadut Keskustassa	M+E (Pp+Jk)	50	Taso	AL2+K2
				AL2+K2 AL1+K1
Muilla alueilla	M+E (Pp+Jk)	80	Eritaso	AL2+K2
		60	Taso	AL3+K4
		50	Taso	A4a+K4
Kokoojakadut Keskustassa	M+E (Pp+Jk)	50	Taso	AL3+K4
	M+Pp+Ejk			AL3+K4
Muilla alueilla	M+E (Pp+Jk)	60	Taso	AL4a+K6
	M+Pp+Ejk	50		AL4b+K6
Tonttikadut Keskustassa	M+Pp+Ejk	50	Taso	AL4a+K4
				M+Pp+Ejk
Muilla alueilla	M+Pp+Jk	30	Taso	AL5+K3

Taulukossa on esitetty katujen toiminnalliset luokat.

Liikenne eri kaduilla

M= moottoriajoneuvoliikenne

Jk= jalankulkuliikenne

Pp= polkupyöräliikenne

E= erillinen liikenne



Valaistusluokat on määritetty kullekin kadun ja liikennetyypin mukaisesti niin ajoneuvoliikenteen kuin kevyen liikenteen valaistusluokkien mukaan.

Luokkien valaistustekniset arvot määritetään standardissa SFS-EN 13201-2 Valaistusluokat ja niiden valinta [8].

Taulukko 2.18 AL-luokat [8]

Luokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy TI % max	Ympäristön valaistus SR min
	Kuiva			Märkä		
	L_m cd /m ²	U_o Min	U_l min	U_o min		
AL 1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL 2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL 3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
AL 4a	1,0	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL 4b	0,75					
AL 5	0,5	0,4	0,4	0,15	15	0,5

Taulukossa on esitetty AL-luokittain ne valaistustekniset minimi- ja häikäisyn osalta enimmäisarvot, joiden kaikkien on täyttyvä, kun valaistus toteutetaan.

L_m cd /m² = valaistuksen keskimääräinen luminanssi eli tien pinnan kirkkaus
 U_o = valaistuksen yleistasaisuus, jossa tarkastetaan tienpinnan luminanssin minimiarvon suhdetta keskiarvoon. (L_{min} / L_{med})

U_l = valaistuksen pitkittäistasaisuus, jossa tarkastellaan pitkittäislinjalla olevien luminanssien minimin ja maksimin suhdetta. (L_{min} / L_{max})

Märällä tienpinnalla ei tarkastella pitkittäistasaisuutta vain yleistasaisuudelle on annettu minimiarvo.

TI = estohäikäisyn maksimiarvo

SR = surround ratio kuvaa ympäristön valaistustason vähimmäisarvoa eli sitä kuinka myös tien tai kadun vierustat valottuvat.



Taulukko 2.19 AE-luokat [8]

Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_m lx, min	U_o min
AE0	50	0,4
AE1	30	0,4
AE2	20	0,4
AE3	15	0,4
AE4	10	0,4
AE5	7,5	0,4

Valaistusta ei aina voida mitoittaa ajoneuvoliikenteelle luminanssi vaatimuksien eli tienpinnan kirkkauden mukaan. Usein kaupungeissa mitoitusperusteena käytetään AE-luokkien mukaista valaistusvoimakkuuteen perustuvaa mitoitusta.

AE-luokkia käytetään monimuotoisissa ja mutkikkaissa risteyksissä, missä havaitsijan paikka 60 m päähän on mahdotonta määritellä. Taajamissa luokat ovat käyttökelpoisia esim. kävelykaduilla sekä tontti- ja pihakaduilla.

Standardissa on määritelty AL ja AE -luokkien keskinäiset vastaavuudet.

Kevyen liikenteen valaistusluokkia vastaavat valaistusvoimakkuuden keski- ja minimiarvot (E_m ja E_{min}) ovat seuraavan taulukon mukaiset.

Taulukko 2.20 K-luokat [8]

Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_m (1 lx, min	E_{min} lx, min
K1	15	5
K2	10	3
K3	7,5	1,5
K4	5	1
K5	3	0,6
K6	2	0,6

1) hankekohtainen keskiarvo ei saa ylittää 1,5-kertaista keskiarvon minimiä



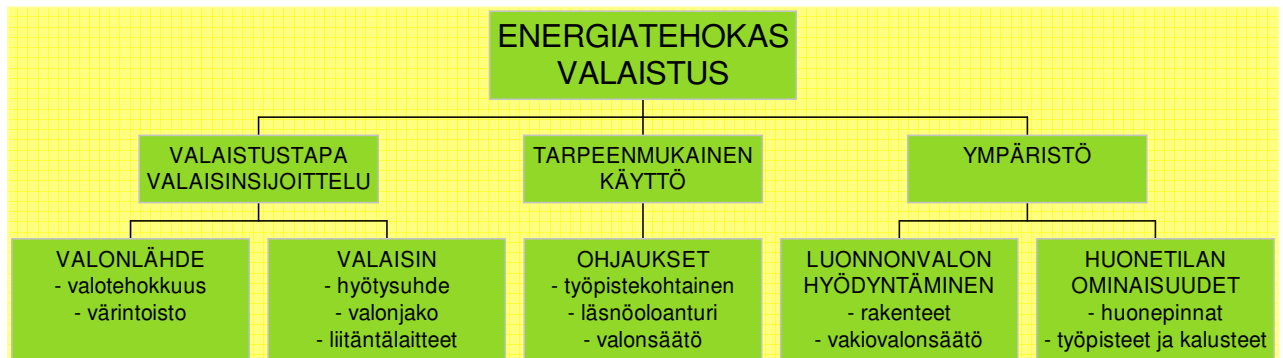
K-luokat on tarkoitettu jalankulkijoille ja pyöräilijöille, jalkakäytävälle, jalankulku- ja muille alueille ajoradan vieressä sekä asunto- ja pihakaduille, jalankulkukaduille, pysäköintialueille ja pihaille.

Valaistusmitoituksessa tulee noudattaa SFS-EN 13201-3 Valaistuksen mitoitus [9] – standardissa esitettyjä määräyksiä. Valaistusohjelmia käytettäessä tulee varmistaa, että niiden laskenta perustuu em. standardin asettamiin vaatimukseen mm. laskentaverkon ja havaittajan sijainnin ja eri kaistoilta saatujen tulosten ilmoittamiseen ns. huonoimman tapauksen mukaan.

3 ENERGIANSÄÄSTÖKRITEERIT

3.1 SISÄVALAISTUS

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat itse valaistusratkaisu -valonlähteet, valaisimet ja valaistuksen toteutustapa - sekä valaistuksen käyttö (kuva 3.1).



Kuva 3.1 Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä

Standardi SFS-EN 12464-1 määrittelee työkohteessa, kohteen lähialueella ja muussa huonetilassa vaadittavat valaistustasot. Suunnittelijan ongelmana on työkohteen koon ja paikan määrittäminen. Jos työkohteen sijaintia ei voida määrittää on energiatehokkain ratkaisu tehdä valaistus muunneltavaksi, jolloin valaistus voidaan muokata sopivaksi työkohteen paikan varmistuttua. Muussa tapauksessa kohteen vaatima valaistus on toteutettava koko tilaan, mikä lisää energiankulutusta.

Valaistavan tilan pintojen värytys (heijastumissuhteet) ja kalustus vaikuttavat myös tarvittavaan valaistustehoon. Uudisasennusta suunniteltaessa on myös otettava huomioon valaistuksen alenemakero, koska valon määrä muuttuu asennuksen vanhetessa lamppujen valovirran aleneman sekä huonepintojen ja valaistuslaitteiden likaantumisen ja kulumisen takia. Nykyaikaisissa valaistuslaskentaohjelmissa suunnittelija voi muokata näitä arvoja vastaamaan todellista tilannetta.

Sisävalaistuksen energiatehokkuusvaatimukset

Valaistuksen energiankäytön arviointi voidaan tehdä standardiin SFS-EN 15193 [10] perustuen. Energiankulutus voidaan standardin mukaan joko arvioida laskemalla tai mitata. Suunnitteluvaiheessa mittaaminen ei ole tietenkään mahdollista ja rakennuksen valmistuttuakin se saattaa olla hankalaa, koska valaistusta harvoin syötetään erillisistä valaistuskeskuksista. Laskentaan standardi tarjoaa kaksi menetelmää:

- nopea arviointimenetelmä, joka perustuu eri tyyppisten rakennusten tyyppillisiin käyttö- ja kulutustietoihin
- perusteellinen arviointimenetelmä, jossa kulutus lasketaan kyseiselle rakennukselle arvioiduista tiedoista.

Valaistuksen energiankulutus koostuu kahdesta eri osasta:

- varsinainen valaistuksen energiankulutus W_L



- valaistusjärjestelmän lepokulutus W_p

Koko valaistuksen energiankulutus saadaan laskemalla nämä yhteen

$$W = W_L + W_p \text{ [kWh]} \quad (1)$$

Varsinainen valaistuskulutus käsittää varsinaiseen valaistustarkoitukseen kuluvan energian eli valonlähteiden ja liitäntälaitteiden kuluttaman energian. Valaistuksen energiankulutusta arvioitaessa on otettava huomioon

- valaistuksen asennettu kokonaisteho (P_n)
- valaistuksen käyttöaika, ottaen erikseen huomioon ajan, jolloin päivänvaloa on saatavissa (t_D) ja pimeään aikaan tapahtuvan käytön (t_N)
- valaistuksen tehon säätö päivänvalon mukaan vakiovalo-ohjauksella
 - o kerroin F_c ottaa huomioon säästön, joka saadaan kun vakiovalosäädin pienentää ylimitoituksen aiheuttamaa valovirtaa uudessa asennuksessa käytettäessä
 - o kerroin F_D ottaa huomioon säästön, joka saadaan, kun vakiovalosäädin pienentää keinovalon osuutta ulkoa tulevan päivänvalon johdosta
- läsnäoloon perustuva ohjaus
 - o kerroin F_o saadaan lasketuksi standardissa esitetyillä kaavoilla, kun tunnetaan valaistuksen ohjaustapa ja kyseisen tilan käyttöaste

Varsinaisen valaistuksen kokonaisenergiankulutus saadaan tällöin yhtälöstä

$$W_L = \sum \{(P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)]\} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (2)$$

Valaistusjärjestelmän lepokulutuksessa on otettava huomioon

- mahdollisen turvavalaisuksen teho (P_{em}) ja sen paristojen lataamiseen käytetty aika (t_{em})
- valaistusohjausjärjestelmään kuluva teho (P_{pc}) silloin, kun valaistus ei ole käytössä vuoden aikana [$t_y - (t_D + t_N)$].

Lepokulutus saadaan tällöin yhtälöstä

$$W_p = \sum \{ \{ [P_{pc} \times (t_y - (t_D + t_N))] + (P_{em} \times t_{em}) \} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (3)$$

Jotta eri rakennusten energiatehokkuuksia valaistuksen osalta voitaisiin vertailla keskenään, on vuotuista valaistuksen energiakulutusta tarkasteltava pinta-alaa kohden. Saadulle arvolle on standardissa annettu nimeksi LENI (Lighting Energy Numeric Indicator). Rakennusten energiatehokkuuskriteerit onkin luonnollista määrittää kyseiseen LENI-arvoon perustuen. Pelkkä valaistusteho pinta-alayksikköä kohden ei ota huomioon valaistuksen käyttöä, joskin sekin antaa kuvan siitä, miten energiatehokkailla valonlähteillä, liitäntälaitteilla ja hyötysuhteeltaan hyvällä valaistusperiaatteella toteutus on tehty.

LENI-arvo saadaan siis laskettua yhtälöstä

$$LENI = W / A \text{ [kWh/(m}^2\text{xvuosi)]} \quad (4)$$



Taulukossa 3.1 on esitetty supistetussa muodossa standardin SFS-EN 15193 liitteessä F esitetyt kolmeen eri laatuluokkaan jaotellut LENI vertailuarvot eri tyyppisille rakennuksille. Standardin liite on kokonaisuudessaan liitteessä 1. Taulukon arvot on laskettu ns. nopealla arviointimenetelmällä, jossa lepokulutukselle on hätävalaistuksen osalta oletettu 1 kWh/m² koko vuoden ajalle ja valaistusohjaukselle 5 kWh/m² siltä ajalta, jossa valaistus ei ole normaalissa käytössä. Tämä laskentatapa johtaa käytännössä todellista suurempiin LENI-arvoihin.

Taulukko 3.1 LENI-arvoja standardin SFS-EN 15193 mukaan

Rakennus- tyyppi	Laatu- luokka	P _n W/m ²	t _o h	t _N h	LENI-arvot ei vakiovalosäätöä		LENI-arvot vakiovalosäätö	
					käsiohj.	auto	käsiohj.	auto
					kWh/m ² ,y	kWh/m ² ,y	kWh/m ² ,y	kWh/m ² ,y
Toimisto	*	15	2250	250	42,1	35,3	38,3	32,2
	**	20	2250	250	54,6	45,5	49,6	41,4
	***	25	2250	250	67,1	55,8	60,8	50,6
Koulu	*	15	1800	200	34,9	27,0	31,9	24,8
	**	20	1800	200	44,9	34,4	40,9	31,4
	***	25	1800	200	54,9	31,8	49,9	38,1
Sairaala	*	15	3000	2000	70,6	55,9	63,9	50,7
	**	20	3000	2000	115,6	91,1	104,4	82,3
	***	25	3000	2000	160,6	126,3	144,9	114,0
Hotelli	*	10	3000	2000	38,1	38,1	34,6	34,6
	**	20	3000	2000	72,1	72,1	65,1	65,1
	***	30	3000	2000	108,1	108,1	97,6	97,6
Ravintola	*	10	1250	1250	29,6	-	27,1	-
	**	25	1250	1250	67,1	-	60,8	-
	***	35	1250	1250	92,1	-	83,3	-
Urheilutila	*	10	2000	2000	43,7	41,7	39,7	37,9
	**	20	2000	2000	83,7	79,7	75,7	72,1
	***	30	2000	2000	123,7	117,7	111,7	106,3
Myymälä	*	15	3000	2000	78,1	-	70,6	-
	**	25	3000	2000	128,1	-	115,6	-
	***	35	3000	2000	178,1	-	160,6	-
Teollisuus	*	10	2500	1500	43,7	41,2	39,7	37,5
	**	20	2500	1500	83,7	78,7	75,7	71,2
	***	30	2500	1500	123,7	116,2	111,7	105,0

Taulukon 3.1 arvoja tarkasteltaessa on huomattava, että siinä esitetty laatuluokka ei kuvaa luokittelua energiatehokkuuden perusteella vaan valaistusominaisuuksien mukaan. Kaikki ratkaisut täyttävät standardin SFS-EN 12464-1 vaatimukset valaistusvoimakkuuden ja häikäisysojauksen kannalta. Luokassa ** on lisäksi asetettu lisävaatimuksia kiiltokuvastumisen estolle, valon värintoistolle, varjonmuodostukselle ja luminanssijakaumalle. Luokassa *** on edelleen erityisesti huomioitu pystypintojen ja kolmiulotteisten kappaleiden valaistus ja jopa kiinnitetty erityistä huomiota valaistuksen



terveysvaikutuksiin. Näiden oletetaan edellyttävän suurempaa valaistuksen tehotiheyttä ja täten suurempaa energiankulutusta.

LENI-arvo riippuu luonnollisesti suoraan valaistuksen käyttöajasta. Jos taulukon arvoja halutaan pitää jonkinlaisina ohjearvoina, on vertailussa käytettävä taulukoissa annettuja käyttöaikoja. Taulukon arvoja tarkasteltaessa on huomattava, että ne on muodostettu koko rakennuksen keskimääräisen valaistuksen tehotiheyden perusteella.

Energiatehokkuuden ohjearvoiksi taulukoissa annetut arvot ovat Suomessa yleisesti käytössä oleviin valaistusratkaisuihin nähden hyvin korkeita. Jos tarkastellaan esimerkiksi vuonna 1982 laadittuja toimisto- ja luokkahuoneiden valaistussuosituksia [11], päästiin niissä valaistuksen tehotiheyden osalta T8-loistelampuilla (halkaisija 25 mm) ja nykyisin Euroopassa kielletyillä C-luokan kuristimilla jo 12-14 W/m² tehotiheysarvoihin. Jo näissä toteutuksissa oli toimistohuoneissa LENI-arvo noin 35-40 ja luokkahuoneissa 29-34 ilman vakiovalosäätöä tai läsnäolo-ohjausta. Yleensä toimistorakennuksissa olevissa käytävä- ja aulatiloissa sekä teknisissä tiloissa valaistuksen tehotiheys on pienempi kuin itse toimistohuoneissa, mikä pienentää koko rakennuksen keskimääräistä tehotiheyttä edelleen.

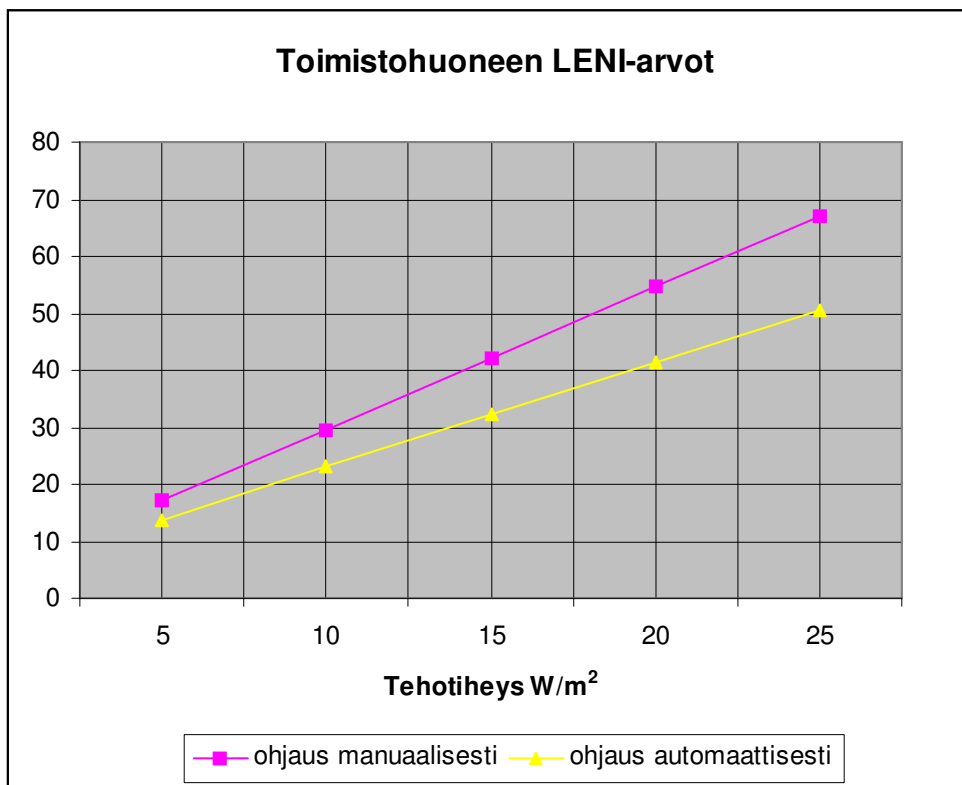
Tarkasteltaessa LENI-arvoja huomataan, kuinka vakiovalosäätö ja käsin tehtävän ohjauksen vaihtaminen automaattiseen ohjaukseen pienentävät LENI-arvoa. Taulukossa näiden vaikutukselle on annettu tyypilliset oletusarvot. Läsnäolotunnistuksesta saatava hyöty riippuu tilan käyttöasteesta ja ohjaustavasta, siksi se on syytä arvioida todellisessa kohteessa aina erikseen. Vakiovalosäädöstä saatava hyöty puolestaan riippuu päivänvalon saatavuudesta - esimerkiksi ikkunoiden ja muista valoaukkojen koosta ja lajista sekä kohteen sijainnista, valoaukkojen ilmansuunnista ja mahdollisista valon tuloa haittaavista esteistä. Standardissa on annettu laskentakaavat näiden tekijöiden arvioimiseksi.

EuP-direktiivi antaa jatkossa entistä tiukempia energiatehokkuusvaatimuksia valaistuslaitteille - lamput, valaisimille ja valaisimien liitäntä- ja ohjauslaitteille. Myös valaistuksen ohjauslaitteiden sallittuja lepokulutusarvoja tullaan kiristämään. Valotehokkuudeltaan huonot lamput tullaan poistamaan markkinoilta ja elektroniset liitäntälaitteet syrjäyttävät magneettiset kuristimet. Tämä tulee laskemaan säädettävien elektronisten liitäntälaitteiden hintoja, jolloin niiden käyttö yleistyy entisestään. Tämä lisää valaistusohjauksen käyttöä, jolloin LENI-arvot pienenevät uudisrakentamisessa ja peruskorjauksissa.

Vuonna 1994 Ruotsissa pienhuonetoimistoille tehdyssä tutkimuksessa [12] ja Suomessa avotoimistoille tehdyssä Motivan Energiatehokkaat toimistovalaistusratkaisut -tutkimuksessa [13] edellytettiin, että maksimiarvo valaistuksen tehotiheydelle oli suurissa huoneissa alle 12 W/m² ja pienissä alle 10 W/m². Energiatehokkaimmissa ratkaisuissa päästiin tehotiheydessä jopa alle puoleen näistä arvoista. Valaistusteho riippuu kuitenkin itse huonetilan mitoista, väriytyksestä ja kalustuksesta, joten yleispäteviä tiukkoja raja-arvoja ei ratkaisuille voi antaa.

Kuvassa 3.2 on esitetty toimistohuoneen käyttöajoilla (2500 h) eri tehotiheyttä vastaavat LENI-arvot ilman mitään automaattisia ohjauksia ja toisaalta taulukon 3.1 oletusten mukaista vakiovalosäätöä ja läsnäolo-ohjausta käyttäen. Laskelma on tehty samalla

nopealla arviointimenetelmällä kuin standardin taulukko. Tutkimusten perusteella voidaan lähteä siitä, että normaalin huonekorkeuden omaavan vaaleasävyisen ikkunoilla varustetun normaalin toimistohuoneen valaistus, joka täyttää standardin SFS-EN 12464-1 vaatimukset voidaan nykyisin toteuttaa helposti näissä tutkimuksissa esitetyillä raja-arvoilla. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi toimistohuoneiden osalta tavoiteltavat LENI-arvot olisivat taulukon 3.2 mukaiset.



Kuva 3.2 Toimistorakennuksen eri valaistuksen tehotiheyksiä vastaavat LENI-sarvot erilaisilla valaistuksen ohjaustavoilla. Arvot on laskettu standardin SFS-EN 15193 mukaan. Käyttöaika on 2500 tuntia vuodessa.

Taulukko 3.2 Ohjearvot valaistuksen energiatehokkuudelle toimistohuoneissa, kun valaistuksen käyttöaika on 2500 h vuodessa ja laskenta on tehty nopealla arviointitavalla.

Suositellut LENI-arvot toimistohuoneille			
Huonetyyppi	Ilman automaattista ohjausta		Automaattinen valonsäätö luonnonvalon mukaan ja läsnäolo-ohjaus
	Ohjearvo	Tavoitearvo	
Suurhuoneet	35	30	25
Pienhuoneet	30	25	20



Yllä oleva taulukko on laadittu toimistohuoneiden oletetulle vuotuiselle 2500 tunnin käyttöajalle. Muiden tyyppisten tilojen käyttöajat saadaan taulukosta 3.1 laskemalla sarakkeiden t_0 ja t_N arvot yhteen.

Valaistuksen energiankulutus riippuu hyvin paljon myös valaistustavasta ja siitä, pyritäänkö koko huonetila valaisemaan vai vain jokin työalue tilassa. Koska monissa rakennuksissa on valaistusvaatimuksiltaan hyvin erilaisia tiloja, kuten luvun 2 esimerkkitaulukkoista nähdään, on oheiseen taulukkoon 3.3 laskettu ohjeelliset LENI-arvot eri kohteille ja erilaisille keskimääräisille valaistusvoimakkuuksille käyttäen hyväksi taulukon 3.1 oletuksia ja nopeaa arviointimenetelmää.

Taulukko 3.3 Suositeltuja LENI-arvoja eri tiloille vaaditun valaistusvoimakkuuden mukaan

Ohjeellisia LENI- arvoja eri tiloille [kWh/(m ² x vuosi)]						
Tila	Käyttöaika	Tavoiteltava valaistusvoimakkuus (lx)				
		200	300	500	750	1000
Koulu	Käsiohjaus	14,9	19,9	29,9	42,4	54,9
	Automaattinen ohj.	11,5	14,8	21,5	29,8	38,1
Sairaala	Käsiohjaus	25,6	36,9	59,4	87,5	115,6
	Automaattinen ohj.	19,0	26,9	42,7	62,5	82,3
Hotelli	Käsiohjaus	20,6	29,4	46,9	68,8	90,6
	Automaattinen ohj.	18,9	26,8	42,5	62,2	81,9
Ravintola	Käsiohjaus	17,1	23,3	35,8	51,4	67,1
	Automaattinen ohj.	-	-	-	-	-
Urheilu	Käsiohjaus	23,7	33,7	53,7	78,7	103,7
	Automaattinen ohj.	20,8	29,4	46,5	67,8	89,2
Myymälä	Käsiohjaus	28,1	40,6	65,6	96,9	128,1
	Automaattinen ohj.	-	-	-	-	-
Teollisuus	Käsiohjaus	23,7	33,7	53,7	78,7	103,7
	Automaattinen ohj.	20,8	29,4	46,5	67,8	89,2

Valaistuksen automaattisesta ohjauksesta riippuva hyöty on hyvin tapauskohtainen ja siksi sitä on aina syytä tarkastella erikseen. Edellisissä laskelmissa on tilojen käyttöaste oletettu hyvin korkeaksi. Valaistusratkaisuja ja ohjaustavan valintaa suunniteltaessa on laskentaperusteena käytettävä elinkaarikustannuksia. Laskentaa varten on tarjolla lukuisia helppokäyttöisiä laskentaohjelmia. Ruotsin energiaviraston ohjelmasta on tarjolla vapaasti käytössä oleva suomenkielinen malli. Sama ohjelma erilaisella käyttöliittymällä ja muokattuna sellaiseen muotoon, että sillä pystyy vertaamaan asennuksia, joissa on useita eri valaistusratkaisuja löytyy myös Fagerhult Oy:n verkkosivuilta (www.fagerhult.fi).



3.2 ULKOALUEET

Suunnittelussa valaistuksen määräävät laadulliset tekijät ovat lähtökohtana. Kohteiden suunnittelussa tulee keskittyä valaistuksen oikeaan ja tarkoituksenmukaiseen mitoitukseen. Mitoituksessa valaistuksen tehon tarve on määritettävä siten, että valaistus täyttää sille kaikin osin sille asetetut vaatimukset. Energian kulutuksessa teholtaan oikein mitoitettu valaistus on merkittävä tekijä, sen jälkeen tulee käyttäjien huolehtia valaistuksen tarkoituksenmukaisesta käytöstä ja käyttöajoista.

Kalustehankinnoissa valinnat ohjataan ns. ECO-design tuotteisiin [14], joiden hyvä energiahyötysuhde ja rajattu häiriövalontuotto ovat sekä ohjaavia että määrääviä tekijöitä.

Valaistustehoa ja sitten käyttötuntien mukaan määräytyvää energiankulutusta tulee tarkastella esim. hyötysuhdemenetelmän avulla. Energiatehokkuuteen käytännössä vaikuttavat kuitenkin valaistuksen oikea mitoitus, asennus ja myöhemmin käytön aikana oikein huolletut valaisimet.

Aluevalaistuksen erittäin moninaisillekin alueille, joiden valaistustavoitteet ovat valaistusvoimakkuuden arvoilla määritellyt, on mahdollista suorittaa tarkoituksenmukaisuustarkastelu.

Valaistuksen tehokkuutta arvioidaan määrittämällä valaistushyötysuhde. Hyötysuhde on valaistavan alueen pinta-alueen (A) ja tavoitevalaistustason (E_m) tulon suhde kohteessa käytettävien valaisimien lamppujen tuottamaan valovirtaan (Θ).

Valaistuksen hyötysuhde

$$\eta = \frac{E \times A}{\Theta}$$

Θ = lamppujen tuottama valovirta

E= tavoiteltu valaistusvoimakkuuden keskiarvo

A= valaistavan alueen pinta-ala

η = hyötysuhde (= $\eta_{\text{valaisin}} \times \eta_{\text{valaistus}}$)

η_{valaisin} = valaisinvalmistajan ilmoittama optiikan tehokkuutta kuvaava arvo

$\eta_{\text{valaistus}}$ = valaistusasennuksen tehokkuutta kuvaava hyötysuhde

Valaistuksen hyötysuhteelle η asetettavat tavoitearvot:

Taso I 0,25 – 0,3 (minimitaso)

Taso II 0,3 – 0,4 (tavoitetaso)

Taso III > 0,4 (hyvä)

Pienillä alueilla valaistuksen hyötysuhde on huonompi, koska valaistavan alueen ulkopuolelle ohjautuu käytännössä valoa suhteessa enemmän. Pienillä alueilla ongelmana saattaa olla myös tarkoitukseen soveltuvan valaisinlaitteiston saatavuus. Käyttöalueilla, joilla valaistuksen tavoitetaso on alhainen, riittävän tasaisuuden saavuttaminen heikentää käytännössä valaistuksen hyötysuhdetta. Pienillä alueilla ja



alhaisilla valaistustasoilla Taso I on myös tulkittava hyväksi.

Valaistukseen käytettävän tehon rajaamiseksi tulee käytettävien lamppujen valotehokkuuden olla riittävän suuri.

Taulukossa on esitetty EuP-direktiivin 2005 /32; Working document on possible Ecodesign requirements for Public Street Lighting [14] , purkauslamppuilta vaadittavia lamppujen valotehokkuusarvoja. Taulukon valotehokkuuden minimivaatimukset on esitetty tievalaistuksessa käytettäville lamppuille, mutta ne ovat sovellettavissa myös aluevalaistuksessa ja niitä ei tule alittaa. Tehokkuusarvojen tulee täytyä teholuokittain myös kaikilla muilla käyttöön otettavilla valonlähteillä.

Taulukko 3.4 Valonlähteiden valotehokkuusvaatimukset [14]

Tehoalue / W	Valotehokkuus L_E / lm/W
$1000 < W < 2000$	85
$400 < W < 1000$	80
$125 < W < 400$	75
$70 < W < 120$	70
$50 < W < 70$	65
$50 < W$	55

Valotehokkuusarvot ovat saatavissa lampunvalmistajilta lampputyypeittäin ja -tehoitain. Esim. markkinoilla olevien 400 W suurpainelamppujen valotehokkuus on yli 135 lm/W lampun nimellisteholla ilmoitettuna. Tällöin ei ole huomioitu valaisimessa olevien liitäntälaitteiden aiheuttamia tehohäviöitä.

Käyttöön otettavien lamppujen valotehokkuus on suoraan verrannollinen valaistuksen energiatehokkuuteen.

3.3 TIE- JA KATUVALAISTUS

Tiehallinnon suunnitteluohjeessa [15] on määritelty erityyppisille tieluokille ja niiden liikennemäärille ns. referenssitetot / pituus, joka on arviointipohjana valaistuksen kustannuksille.

EUP Direktiivin 2005 /32 ; Working document on possible Ecodesign requirements for Public Street Lighting [14] tievalaistuksen ekologinen suunnittelu: rajaa pois energiatehottomat valaisimet käytöstä. Pois rajattaviksi tulevat energiatehottomat valaisimet siten, että määritellään rajat seuraaville tekijöille:

- valaisimien hyötysuhde
- käytettävien lamppujen valotehokkuus
- liitäntälaittehäviöt



Valaisimilta edellytetyn tehokkuuden vuoksi jäävät elohopeahöyrylampulliset valaisimet pois, koska lampun valotehokkuus ei yllä asetettuihin vaatimuksiin. (Katso taulukko 3.4).

Valaistuksen tehokkuuden mittaus tulee kuitenkin suorittaa tievalaistuksen eikä vain valaisimen energiatehokkuuden mukaan. Em. vaatimuksen kehittämisen osaksi tievalaistuksen standardointia CEN/TC 169 on aloittanut vuonna 2007.

Tievalaistuksen energiatehokkuusluku lasketaan luminanssimitoituksen (AL-luokat) tai luksimitoituksen (AE- sekä K-luokat) mukaisesti.

AL-luokkien mukaan tehokkuusluvaksi lasketaan tie- ja katuvalaistukseen käytetty teho (P) tien pinnan keskimääräistä luminanssia (L_m) ja tien pinta-alaa (A) kohden. Pinta-alaksi määritellään keskimääräinen pylväsväli x valaistavan tien tai kadun leveys.

AE ja K -luokkien mukaisessa mitoituksessa käytetään vastaavasti valaistusvoimakkuuden keskiarvoa (E_m).

$$TL = \frac{P}{L_m \times A} \quad [W / cd / m^2 / m^2]$$

$$TE = \frac{P}{E_m \times A} \quad [W / lx / m^2]$$

P= valaisimen teho liitännälaittehäviöineen

A= s x b

s = valaisimien keskimääräinen pylväsväli eli etäisyys

b = tien tai kadun mitoitettavan alueen leveys

L_m = valaistusluokan edellyttämä keskimääräinen luminanssi
(esim. AL3-luokassa 1,0 cd /m²)

E_m = valaistusluokan edellyttämä keskimääräinen valaistusvoimakkuus
(esim. K4-luokassa 5 lx)

Energiatehokkuusluville asetettavat vaatimukset on esitetty seuraavissa taulukoissa, kolmena tavoitearvona.

Taulukko 3.5 Energiatohokkuusluokkille asetettavat vaatimukset

Luokka	Lm / cd /m ²	TL / W / cd /m ² / m ² ei saa ylittyä	TL / W / cd /m ² / m ² tavoite	TL / W / cd /m ² / m ² hyvä
AL 1	2,0	1	0,8	0,6
AL 2	1,5	1	0,8	0,6
AL 3	1,0	1	0,8	0,6
AL 4a	1,0	1	0,8	0,6
AL 4b	0,75	1	0,8	0,6
AL 5	0,5	1	0,8	0,6

Luokka	Lm / lx	TL / W / lx / m ² ei saa ylittyä	TL / W / lx / m ² tavoite	TL / W / lx / m ² hyvä
AE 0	50	0,07	0,06	0,05
AE 1	30	0,07	0,06	0,05
AE 2	20	0,07	0,06	0,05
AE 3	15	0,07	0,06	0,05
AE 4	10	0,07	0,06	0,05
AE 5	7,5	0,07	0,06	0,05

Luokka	Lm / lx	TL / W / lx / m ² ei saa ylittyä	TL / W / lx / m ² tavoite	TL / W / lx / m ² hyvä
K 1	15	0,2	0,15	0,12
K 2	10	0,2	0,15	0,12
K 3	7,5	0,2	0,15	0,12
K 4	5	0,2	0,15	0,12
K 5	3	0,2	0,15	0,12
K 6	2	0,2	0,15	0,12

Valaistusta toteutettaessa tulee kaikkien, myös tasaisuuteen ja häikäisyyn liittyvien, valaistusluokan asettamien vaatimusten täyttyä. Taulukkoa kevyen liikenteen valaistusluokkien osalta sovelletaan silloin, kun se on mitoituksen määräävä tekijä, ei esim. jalkakäytävillä tai erillisillä kevyen liikenteen raiteilla, joilla ei ole erillistä valaistusta.

Valaisimien tulee olla CE-merkittyjä ja standardin SFS-EN 60598 rakennemääräykset täyttäviä. Niiden on täytettävä standardin SFS-EN 55015 mukaiset radiohäiriö-vaatimukset sekä standardin SFS-EN 61547 EMC-vaatimukset.

Valaisimien kotelointiluokan tulee olla vähintään IP 65, jotta likaantumisen aiheuttama valotehokkuuden aleneminen jää mahdollisimman vähäiseksi.

Tievalaistuskäyttöön tarkoitetut valaisimet luokitellaan eri (ECO-Design) luokkiin



rakenteen sekä sen mukaan miten energiataloudellisesti ne soveltuvat tievalaistukseen. CE-merkinnällään valmistajat vakuuttavat ja osoittavat valaisimien soveltuvuuden tievalaistuskäyttöön.

Lähteet

- [1] Valaistussuositukset. Sisävalaistus. Suomen Valoteknillinen Seura ry:n julkaisu nro 9-1986.
- [2] SFS-EN 12464-1, Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Suomen standardisoimisliitto SFS 2003-06-02.
- [3] Toimisto- ja luokkahuoneiden valaistus. Suosituksia ja suunnitteluohjeita. Suomen Valoteknillinen Seura r.y:n tiedonanto T1-1982.
- [4] Valo ja valaistus – Urheilupaikat EN 12193
- [5] Ulkotyöalueiden valaistus Standardi SFS-EN 12464-2
- [6] CIE 150:2003 Opas häiriövalon rajoittamiseen ulkovalaistuksessa
- [7] Suomen Kuntaliitto - Ulkovalaistuksen tarveselvitys / Suunnitelmaselostus / yleinen osa – 2002.
- [8] SFS-EN 13201-2 Valaistusluokat ja niiden asettamat valotekniset vaatimukset
- [9] SFS-EN 13201-3 Valaistuksen mitoitus
- [10] SFS-EN 15193 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Suomen standardisoimisliitto SFS 2008-01-21.
- [11] Toimisto- ja luokkahuoneiden valaistus. Suosituksia ja suunnitteluohjeita. Tiedonanto T1-1982. Suomen Valoteknillinen Seura r.y.
- [12] Belysning på kontor. Programkrav. Nutek 1994-11.
- [13] Energiatehokkaat toimistovalaistusratkaisut. Motivan julkaisu 2/1999.
- [14] EuP-direktiivi 2005 /32; Working document on possible Ecodesign requirements for Public Street Lighting
- [15] Tievalaistuksen suunnittelu, Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto 2006



Annex F
 (informative)
Benchmark values and lighting design criteria
 Table F.1 — Benchmark default value

Qual. class	Parasitic Emergency kWh/(m ² /year)	Parasitic Control kWh/(m ² /year)	PN	f _b	h	F _c		F _s		F _b		LENI		
						no cde illuminance	cde illuminance	Manu	Auto	Manu	Auto	Limiting value	LENI	
Office	*	1	5	15	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	38,3	32,2
	**	1	5	20	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	49,6	41,4
	***	1	5	25	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	60,8	50,6
Education	*	1	5	15	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	34,9	27,0
	**	1	5	20	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	44,9	34,4
	***	1	5	25	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	54,9	41,8
Hospital	*	1	5	15	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	70,6	55,9
	**	1	5	25	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	115,6	91,1
	***	1	5	35	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	160,6	126,3
Hotel	*	1	5	10	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	38,1	38,1
	**	1	5	20	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	72,1	72,1
	***	1	5	30	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	108,1	108,1
Restaurant	*	1	5	10	1250	1250	1	0,9	1	1	1	-	29,6	-
	**	1	5	25	1250	1250	1	0,9	1	1	1	-	67,1	-
	***	1	5	35	1250	1250	1	0,9	1	1	1	-	92,1	-
Sport places	*	1	5	10	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	43,7	41,7
	**	1	5	20	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	83,7	79,7
	***	1	5	30	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	123,7	117,7
Retail	*	1	5	15	3000	2000	1	0,9	1	1	1	-	78,1	-
	**	1	5	25	3000	2000	1	0,9	1	1	1	-	128,1	-
	***	1	5	35	3000	2000	1	0,9	1	1	1	-	178,1	-
Manufacture	*	1	5	10	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	43,7	41,2
	**	1	5	20	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	83,7	78,7
	***	1	5	30	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	123,7	116,2
													LENI	LENI
													Limiting value	Limiting value
													Manu	Auto
													kWh/(m ² /year)	kWh/(m ² /year)