



# Jäähallien valaistusohje

Suomen Jääkiekkoliitto Ry, Jääkiekon SM-liiga Oy,  
Opetus - ja kulttuuriministeriö 2014

# SISÄLLYSLUETTELO

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Esipuhe.....                                             | 2  |
| 1. Valaistuksen tarve .....                              | 3  |
| 1.1 Jäähallien toiminta ja käyttötarkoitukset.....       | 3  |
| 1.2 Jäähallien valaistus.....                            | 3  |
| 1.3 Valaistuksen tehtävät.....                           | 4  |
| 2. Valaistustekniset vaatimukset .....                   | 4  |
| 2.1 Yleiset perusteet .....                              | 4  |
| 2.2. Valaistustekniset suureet .....                     | 4  |
| 2.3 Valaistusluokat ja valaistusluokan valinta .....     | 6  |
| 2.4 Häikäisy .....                                       | 7  |
| 2.5 Alenemakertoimen määrittely .....                    | 8  |
| 2.6 TV-kuvauksen lisävaatimukset .....                   | 9  |
| 2.7 Turvavalistus.....                                   | 10 |
| 3. Suunnittelu .....                                     | 10 |
| 3.1 Valaistusperiaatteet .....                           | 10 |
| 3.2 Valonlähteet .....                                   | 11 |
| 3.3 Valaisimet.....                                      | 12 |
| 3.4 Valaistustekniset laskennat .....                    | 13 |
| 3.5 Sähköjärjestelmät.....                               | 15 |
| 3.5.1 Sähköverkko .....                                  | 15 |
| 3.5.2 Sähkölaitteet .....                                | 15 |
| 3.6 Valaistuksen ohjaus.....                             | 15 |
| 4. Suunnitelmat.....                                     | 16 |
| 5. Valaistuksen kunnossapito .....                       | 17 |
| 5.1. Valaistuslaitteiden kunnossapito .....              | 17 |
| 5.2 Valonlähteiden ryhmävaihto.....                      | 18 |
| 5.3 Valonlähteiden yksittäisvaihto .....                 | 19 |
| 5.4 Laadunvarmistus ja valaistustekniset mittaukset..... | 19 |
| Liite 1 Valaistuksen elinkaarikustannukset .....         | 21 |

## ESIPUHE

Tämä julkaisu toimii ohjeena jäähallien kenttävalaistuksen valaistusteknillisten vaatimusten arvioinnissa sekä jäähallien valaistuksen suunnittelussa. Ohjeen laadinnassa on kiinnitetty erityistä huomiota TV-kuvauksen valaistusteknillisiin vaatimuksiin.

Tässä ohjeessa käsitellään ainoastaan jäähallin kenttäalueen valaistusta. Kenttäalue pitää sisällään laitojen rajaaman pelialueen sekä vaihto- ja rangaistusaitiot. Jäähallien yleisvalaistus, ulkoaluevalaistus, turvavalistus ja tapahtumavalistus sekä ulkokenttien valaistus tulee suunnitella erillisten ohjeiden mukaan.

Tämän ohjeen on laatinut Suomen Jääkiekkoliiton toimeksiannosta seuraava työryhmä:

|                    |                                                             |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|
| Harry Bogomoloff   | varapuheenjohtaja, Suomen Jääkiekkoliitto ry                |
| Pekka Paavola      | Olosuhde- ja ympäristövaliokunta, Suomen Jääkiekkoliitto ry |
| Jukka Tenhunen     | Helsingin jäähalli                                          |
| Heikki Seppälä     | Suomen Jääkiekkoliitto ry                                   |
| Juha Huhta         | vastaava tuottaja, Jääkiekon SM-Liiga Oy                    |
| Erja Metsäranta    | ylitarkastaja, Aluehallintovirasto                          |
| Mika Saari         | LiCon-AT Oy                                                 |
| Aleksanteri Ekrias | LiCon-AT Oy                                                 |
| Mika Nummenpalo    | Easy Led Oy                                                 |
| Jyrki Sipinen      | Misal Oy                                                    |
| Vesa Vähänen       | Greenled Oy                                                 |
| Janne Mäkilä       | Elekno Oy                                                   |
| Jon Wärn           | LiveAreena                                                  |
| Timo Pirilä        | ICEguard Oy                                                 |
| Roope Ropponen     | Greenlux Finland Oy                                         |
| Jani Karhapää      | Nylund Group                                                |
| Jussi Lehto        | Philips Oy Valaistus                                        |

Työryhmän tavoitteena on ollut laatia selkeä sekä valonlähde- ja valmistajariippumaton ohje päättäjien, viranomaisten, hallioperaattorien sekä suunnittelijoiden käyttöön. Työhön on osallistunut opetus- ja kulttuuriministeriön edustaja.

Valaistusalan tekninen kehitys on nopeaa, minkä vuoksi työssä on ollut mukana valaisinvalmistajien edustajia.

Työryhmä korostaa, että työn tuloksena syntynyt ohje ei ole mitään osapuolta sellaisenaan sitova asiakirja. Ohje on kuitenkin laadittu sellaiseen muotoon, että sitä voidaan halutessaan käyttää laatuvaatimuksena urakassa, johon kuuluu jäähallien suunnittelu ja rakentaminen.

Opetus- ja kulttuuriministeriö myönsi hankkeelle 10 000 euron erityisavustuksen 10.10.2013 DNRO OKM/1846/625/2013. Selvityshankkeen talousarvio oli 20 000 euroa.

# 1. VALAISTUKSEN TARVE

## 1.1 Jäähallien toiminta ja käyttötarkoitukset

Jäähalli on sisähalli, jossa on jäädytetty pelialue. Pelialue on yleensä tekojäätä. Jäähallin ensisijaisena käyttötarkoituksena on jääurheilu: jääkiekko, taitoluistelu, kaukalopallo, ringette jne. Isoimmat jäähallit ovat monitoimihalleja ja niissä voidaan pelata myös muita urheilulajeja mm. koripallo, lentopallo jne. sekä järjestää erilaisia tapahtumia esim. messu- ja konserttitapahtumat. Jäähallissa sisäilma, lämpötila ja ilman kosteus on hallittavissa, katetun tekojääradan tapauksessa ei. Taulukossa 1 on esitetty jäähallien perustyyppit toimintoihin ja kapasiteetteineen.

Taulukko 1. Jäähallityypit.

| Jäähallityyppi      | Toiminta                                                          | Katsomopaikat               |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Suurhalli           | Monitoimihalli, jääurheilu, kansainväliset tapahtumat, TV-valmius | > 6000                      |
| Kilpailuhalli       | Monitoimihalli, jääurheilu, kansalliset tapahtumat, TV-valmius    | 1500 – 6000                 |
| Pieni kilpailuhalli | Jääurheilu, paikallinen monikäyttö, paikalliset ottelut           | 300 – 1500                  |
| Harjoitushalli      | Jääurheilu, paikalliset harjoitus- ja junioriottelut              | 100 – 300<br>seisomapaikkaa |
| Katettu tekojäärata | Jääurheilu, paikallinen harrastus- ja harjoituskäyttö             | 100- 300<br>seisomapaikkaa  |

## 1.2 Jäähallien valaistus

Jäähallin valaistus sisältää seuraavat valaistuksen osa-alueet:

- **Yleisvalaistus**, joka sisältää yleisten tilojen, katsomoalueiden, pukuhuoneiden, käytävien ja muiden pienten tilojen valaistuksen. Näiden tilojen valaistus tulee suunnitella standardin SFS-EN 12464-1 ”Sisätilojen työkohteiden valaistus” mukaan.
- **Ulkoaluevalaistus**, joka sisältää hallialueen ulkopuoliset tilat, joita ovat mm. kulkureitit, parkkialueet ja muut tekniset alueet hallin välittömässä läheisyydessä. Näiden alueiden valaistus tulee suunnitella standardin SFS-EN 12464-2 ”Ulkoalueiden työkohteiden valaistus” mukaan.
- **Turvavalistus**, sijoittuu hallin sisäosiin ja pitää sisällään poistumis- ja varavalituksen. Turvavalistus tulee suunnitella standardien SFS-EN 50171, SFS-EN 50172, SFS-EN 1838 ja SFS 6000-5-56 mukaan. Valaisimien tulee täyttää standardin SFS-EN 60598-2-22 vaatimukset.
- **Kenttäalueen valaistus**, joka sisältää jäähallin kenttäalueen valaistuksen tarvittavine varavalituksineen. Kenttäalue pitää sisällään laitojen rajaaman pelialueen sekä vaihto- ja rangaistusaitiot.
- **Tapahtumavalistus**.

Kaikki edellä mainitut osa-alueet tulee ottaa huomioon jäähallien valaistusta suunnitellessa.

Tässä ohjeessa käsitellään ainoastaan kenttäalueen valaistuksen valaistusteknillisiä vaatimuksia ja suunnitteluohjeita.

### 1.3 Valaistuksen tehtävät

Jäähallien valaistuksen päätehtävänä on:

- riittävä toimintojen valaiseminen siten, että käyttäjät pystyvät suoriutumaan tarvittavista näkötehtävistä ja hahmottamaan tilan ja ympäristön sekä tarvittavat kokonaisuudet,
- riittävän näkömukavuuden takaaminen siten, että valaistus ei häiritse käyttäjää sekä
- turvallisuuden varmistaminen ja tunnelman synnyttäminen.

Tärkeimmät näköympäristön määrittelevät sekä edellä mainittuihin päätehtäviin vaikuttavat tekijät ovat:

- luminanssijakauma,
- valaistusvoimakkuus,
- häikäisy,
- valon suuntaus,
- valon väri ja sen värintoisto-ominaisuudet sekä
- jään väri ja heijastuskerroin, ks. myös kohta 3.4.

## 2. VALAISTUSTEKNILLISET VAATIMUKSET

### 2.1 Yleiset perusteet

Tämän luvun valaistusteknilliset vaatimukset ovat standardin SFS-EN 12193 mukaiset. Lisäksi on huomioitu TV-kuvauksen asettamat lisävaatimukset.

### 2.2. Valaistusteknilliset suureet

#### *Valaistusvoimakkuus $E$*

Pinnalle saapuvan valovirran tiheyttä kutsutaan valaistusvoimakkuudeksi. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on  $\text{lm}/\text{m}^2$  eli luks (lx). Vaakatason pinnan valaistusvoimakkuus on  $E_h$  ja vastaavasti pystytason pinnan valaistusvoimakkuus on  $E_v$ .

#### *Keskimääräinen valaistusvoimakkuus $E_m$*

Keskimääräinen valaistusvoimakkuus  $E_m$  (lx) on tarkasteltavan alueen pinnan tasolla laskettujen valaistusvoimakkuuksien aritmeettinen keskiarvo. Keskimääräisen valaistusvoimakkuuden nostaminen parantaa havaitsemista, havaitsemisnopeutta, tilan ja ympäristön hahmotuskykyä sekä urheilualueella tapahtuvan liikkeen arviointia. Lisäksi valaistuksen taso vaikuttaa yleiseen turvallisuuden tunteeseen sekä näkömukavuuteen.

#### *Valaistusvoimakkuuden yleistaisuus $U$*

Yleistaisuus  $U$  vaikuttaa näkösuorituskykyyn ja se kuvaa kuinka tasaisesti valo jakautuu tarkasteltavalla alueella.

Yleistaisuus  $U_o$  lasketaan koko alueen pienimmän  $E_{min}$  ja keskimääräisen valaistusvoimakkuuden  $E_m$  osamääränä.

Yleistaisuus  $U_d$  lasketaan koko alueen pienimmän  $E_{min}$  ja isoimman valaistusvoimakkuuden  $E_{max}$  osamääränä.

#### *Häikäisy $GR$*

Aluevalaistuksen häikäisyn voimakkuuden kuvaamiseksi käytetään erityistä luokituslukua  $GR$ . Luku  $GR$  on riippuvainen valaisimien ja ympäristön tuottamista harsoluminansseista. Taulukossa 2 on esitetty häikäisyarvot ja niiden arvostelu.

Taulukko 2. Aluevalaistuksen häikäisyn arvostelu.

| GR | Häikäisy            |
|----|---------------------|
| 90 | sietämätön          |
| 70 | häiritsevä          |
| 50 | juuri hyväksyttävä  |
| 30 | havaittavissa oleva |
| 10 | huomaamaton         |

Häikäisyn suuruus riippuu valaisimien valonjaosta, valaisimien määrästä, sijainneista, ja asennuskorkeuksista sekä ympäristön luminansseista.

#### Värintoistoindeksi $R_a$

Värintoistoindeksi kuvaa kuinka hyvin ja oikein valonlähde toistaa värejä. Värintoistoindeksi  $R_a$  on kahdeksan suositetun värinäytteen erikoisindeksien aritmeettinen keskiarvo ja sen maksimiarvo on 100. Taulukossa 3 on esitetty värintoisto-ominaisuudet ja niitä vastaavat  $R_a$ -indeksit.

Näkötehokkuuden ja näkömukavuuden kannalta on tärkeää, että ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon väri toistuu luonnollisena ja oikeana.

Taulukko 3. Värintoisto-ominaisuudet ja niitä vastaavat värintoistoindeksit.

| $R_a$                 | Värintoisto-ominaisuudet |
|-----------------------|--------------------------|
| > 90                  | erinomainen              |
| $70 < R_a \leq 90$    | hyvä                     |
| $50 < R_a \leq 70$    | tydyttävä                |
| $20 \leq R_a \leq 50$ | huono                    |
| < 20                  | olematon                 |

#### Väriämpötila

Valonlähteen värin määrittämisessä käytetään väriämpötilaa, jonka yksikkö on kelvin (K). Väriämpötila määritellään mustan kappaleen absoluuttisena lämpötilana siten, että mustan kappaleen ja tutkittavan valonlähteen valon värilaatu vastaavat toisiaan.

Taulukko 4. Väriämpötilat ja niitä vastaavat värivaikutelmat.

| Väriämpötila K               | Värivaikutelma   |
|------------------------------|------------------|
| < 3300                       | lämmen valkoinen |
| $3300 \leq T_{CP} \leq 5300$ | valkoinen        |
| > 5300                       | kylmä valkoinen  |

## 2.3 Valaistusluokat ja valaistusluokan valinta

Valaistusluokka valitaan jäähallityypin ja hallissa pelattavien otteluiden perusteella taulukosta 5.

Taulukko 5. Erilaisten jäähallityyppien valaistusluokat.

| Jäähallityyppi                        | Pelattavat ottelut                                                       | Valaistusluokka |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Suurhalli<br>Kilpailuhalli            | Jääkiekon pääsarja SM-Liiga                                              | J1              |
| Kilpailuhalli<br>Pieni kilpailuhalli  | Jääkiekon mestaruussarja Mestis,<br>Nuorten SM-Liiga,                    | J2              |
| Pieni kilpailuhalli                   | Suomi-sarja, II Divisioona ja alemmat<br>jääkiekkosarjat, Nuorten Mestis | J3              |
| Harjoitushalli<br>Katettu tekojäärata | Harjoitukset                                                             | J4              |

J-luokat on tarkoitettu jäähallien kenttäalueiden eritasoisille tapahtumille. Valaistusteknilliset vaatimukset on laadittu huomioiden jäähalleissa tapahtuvan kuvaustoiminnan vaatimukset, ks. kohta 2.6. Taulukossa 6 olevat keskimääräiset valaistusvoimakkuusarvot ovat huoltoarvoja, joiden alle määrätyn alueen keskimääräiset valaistusvoimakkuudet eivät saa laskea ennen valaistuksen huoltoa.

Taulukko 6. J-valaistusluokat jäähallien kenttäalueille.

| Valaistusluokka | Vaakatason valaistusvoimakkuus |                 |                 | Pystytason valaistusvoimakkuus * |                 |                 | Häikäisy | Valon väriominaisuudet |              |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------|------------------------|--------------|
|                 | $E_{hm}$<br>lx, min            | $U_{ho}$<br>min | $U_{hd}$<br>min | $E_{vm}$<br>lx, min              | $U_{vo}$<br>min | $U_{vd}$<br>min |          | Väriämpötila K         | $R_a$<br>min |
| J1              | 1200                           | 0,80            | 0,60            | 800                              | 0,70 **         | 0,50 **         | 45       | 5000 - 6500            | 80           |
| J2              | 800                            | 0,70            | 0,50            | 500                              | 0,60            | 0,40            | 45       | 4000 - 6000            | 70           |
| J3              | 500                            | 0,70            | 0,50            | 300                              | 0,40            | 0,20            | ei vaat. | 3000 - 5000            | 70           |
| J4<br>harjoitus | 250                            | 0,60            | 0,40            | ei vaat.                         | ei vaat.        | ei vaat.        | ei vaat. | 3000 - 5000            | 60           |

\* Pystytason valaistusvoimakkuudet lasketaan ja mitataan kohtisuoraan kentän pituustasoon nähden (pääkameroiden suuntaan) molempiin suuntiin, ks. kohta 3.4.

\*\* J1 valaistusluokan halleille pystytason valaistusvoimakkuudet tulee laskea kaikille neljälle päätason suunnalle. Päätykatsomoiden suuntaan (kohtisuoraan kentän leveytasoon nähden) yleistasaistusvaatimukset ovat  $U_{vo} \geq 0,50$  ja  $U_{vd} \geq 0,30$ , ks. kohta 3.4.

Vierekkäisten laskentapisteiden välinen pystytason valaistusvoimakkuuden ero saa olla J1 ja J2 valaistusluokissa maksimissaan 20 %.

Vaihto- ja rangaistusaitioiden valaistusteknilliset vaatimukset määräytyvät jäähallin kenttäalueen valaistusluokan mukaan, taulukko 7.

Taulukko 7. Valaistustekniset vaatimukset vaihto- ja rangaistusaitioille.

| Valaistus-<br>luokka | Vaakatason<br>valaistusvoimakkuus |                 |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                      | $E_{hm}$<br>lx, min               | $U_{ho}$<br>min |
| J1                   | 1000                              | 0,80            |
| J2                   | 750                               | 0,70            |
| J3                   | 300                               | 0,60            |
| J4<br>harjoitus      | 150                               | 0,40            |

Huollon aikana vaakatason valaistusvoimakkuuden tulee olla  $\geq 100$  lx kenttäalueen osalta ja  $\geq 60$  lx vaihto- ja rangaistusalueiden osalta. Vaakatason valaistusvoimakkuuden yleistasaisuuden  $U_{ho}$  tulee olla  $\geq 0,30$ .

Valaistustekniset laskennat on tehtävä ohjelmalla, joka täyttää standardin SFS-EN 12193 vaatimukset, ks. myös kohta 3.4.

Suuret valaistusvoimakkuuden vaihtelut kenttäalueella ja sen välittömässä ympäristössä saattavat aiheuttaa näköväsymystä ja epämukavuuden tunnetta ja niitä tulee välttää.

Suuria värilämpötilan vaihteluja ei saa esiintyä kenttäalueella ja sen välittömässä ympäristössä. Poikkeuksena on tapahtumavalistus.

Välkyntä vaikeuttaa keskittymistä ja saattaa aiheuttaa fysiologisia vaikutuksia kuten päänsärkyä. Lisäksi välkyntä saattaa heikentää TV-kuvauksen laatua. Valaistusjärjestelmät on suunniteltava niin, että merkittävää välkyntää ja stroboskooppi-ilmiötä ei esiinny.

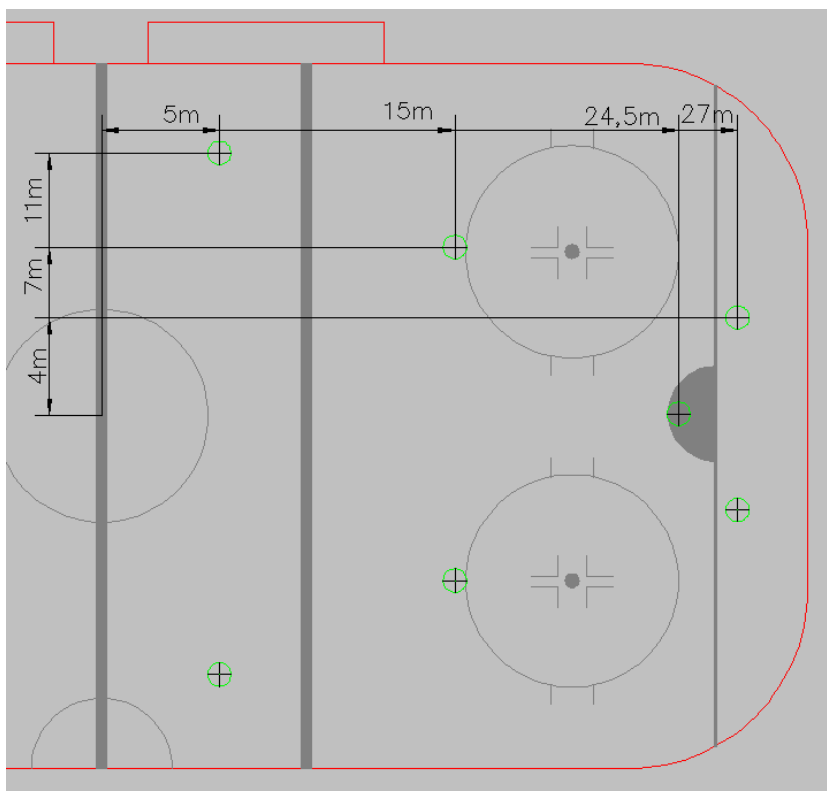
Ulkokenttien valaistusluokat on esitetty standardissa SFS-EN 12193.

## 2.4 Häikäisy

Jäähalleissa kenttäalueen häikäisyn arviointiin käytetään hallin ison koon, vaalean jään sekä tummien seinä- ja kattopintojen vuoksi GR-menetelmää. Valaistusteknisissä laskennoissa tulee määrittää kuvan 1 mukaiset havaitsijoiden paikat, joille tulee laskea häikäisyarvot. Havaitsija sijoitetaan 1,5 m korkeudelle ja havaitsijan katsesuunta on 2 astetta vaakatasosta alaspäin. Häikäisyarvot lasketaan jokaiselle havaitsijalle koko akselin ympäri 15 asteen välein, yhteensä 24 laskenta-arvoa. Häikäisyarvo ja suunta ilmoitetaan jokaiselle havaitsijalle. Suurin arvo on mitoittava.

Lisäksi tulee ottaa huomioon pääkameroiden sijainnit ja häikäisyn vaikutus TV-kuvaukseen.





| Havaitsija | X (m) | Y (m) |
|------------|-------|-------|
| P1         | 5     | 11    |
| P2         | 15    | 7     |
| P3         | 27    | 4     |
| P4         | 0     | 24,5  |
| P5         | 27    | - 4   |
| P6         | 15    | - 7   |
| P7         | 5     | - 11  |

Kuva 1. Häikäisyarvojen laskentapisteet (havaitsijoiden sijainnit). Origo sijaitsee keskiympyrän aloituspisteessä.

Häikäisyä voidaan rajoittaa seuraavilla toimenpiteillä:

- Ottamalla valaistussuunnittelussa huomioon yllä mainitut pelaajien ja pääkameroiden sijainnit sekä katsojat. Valaisimet tulee sijoittaa ja suunnata niin, että pelaajat kykenevät suorittamaan tapahtuman edellyttämät normaalit toiminnot häikäisyn ollessa korkeintaan havaittavissa oleva.
- Valitsemalla valaisimien valonjaot niin, ettei häiritsevää häikäisyä esiinny. Valaisimia, jotka säteilevät paljon valoa suuriin C- $\gamma$ -kulmiin ( $> 70^\circ$ ) tulee välttää.
- Välttämällä valonheittimien isoja kallistuskulmia.
- Käyttämällä muita rakenteita häikäisy-suojana, estäen pelaajien ja katsojien suorat näköyhteydet valaisimiin.
- Suhteuttamalla valonlähteiden intensiteetit valaisimien asennuskorkeuteen, ts. rajoittamalla matalan asennuskorkeuden omaavien valaisimien luminanssia.

Jäähallien valaisinsijoittelussa tulee huomioida jään heijastusominaisuudet, ts. jään suuri peiliheijastuvuus.

Lisäohjeet häikäisyn rajoittamiseksi on esitetty CIE:n julkaisussa CIE 112-1994 "Glare Evaluation System for Use within Outdoor and Area Lighting".

Muiden osa-alueiden osalta ja olosuhteissa, jotka vastaavat standardissa SFS-EN 12464-1 määritettyjä työskentelyolosuhteita tulee häikäisyarvot laskea UGR-menetelmällä. Häikäisyvaatimukset erilaisille tiloille ja alueille on esitetty standardin SFS-EN 12464-1 valaistusvaatimustaulukoissa.

## 2.5 Alenemakertoimen määrittely

Jotta keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei alittaisi valaistusteknillisiä vaatimuksia ennen huoltoa, valaistusteknillisissä laskennoissa käytetään alenemakerrointa. Alenemakerroin määräytyy valituista valaistulaitteista ja asennusympäristöstä. Valaistustason tulee säilyä valaistuksen koko elinkaaren, ottaen huomioon suunnitellut kunnossapitotoimenpiteet.

Valaisimen likaantuminen riippuu mm. rakenteesta, asennuskorkeudesta, valaisimen ominaisuuksista sekä ympäristön epäpuhtauksista. On suositeltavaa määritellä oikeat alenemakertoimet hankekohtaisesti ottaen selville kaikkien edellä mainittujen tekijöiden, erityisesti valaisimien ominaisuuksien (mm. valovirran alenema, kotelointiluokka jne.), vaikutukset. Alenemakerroin on todettava rakennussuunnitelman valaistustiedoissa ja työkohtaisissa laatuvaatimuksissa. Ellei kaikkien tekijöiden vaikutusta jostakin syystä tunneta, käytetään taulukon 8 mukaista perusarvoa.

*Taulukko 8. Alenemakertoimet  $\leq 400$  W valonlähteille tyypeittäin eri kotelointiluokille.*

| Valonlähde                            | Ryhmävaihtoväli | Kotelointiluokka IP 4X | Kotelointiluokka IP 5X | Kotelointiluokka IP 6X |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Monimetalli, kvartsilasi $\leq 400$ W | 10 000 h        | 0,55                   | 0,60                   | 0,65                   |
| Monimetalli, keraaminen $\leq 250$ W  | 12 000 h        | 0,60                   | 0,65                   | 0,70                   |
| Loisteputki T8 /T5, pakkasputki       | 48 000 h        | 0,60                   | 0,65                   | 0,70                   |
| LED*                                  | **              | 0,60                   | 0,65                   | 0,70                   |

\* Arvoille  $L_{80F_{10}}$ , lämpötilassa  $t_a = 25$  °C.

\*\* Valkoista valoa tuottavan LED-valaisimen elinikä on yleensä 50 000 - 80 000 h. Arvot vaihtelevat hyvin paljon valaisintyyppin ja käyttösovelluksen mukaan.

Teholtaan yli 400 W valaisimien alenemakertoimet ja valonlähteiden eliniät tulee määritellä hankekohtaisesti valmistajien antamien tietojen mukaan.

Valaisimien osalta voidaan käyttää vakiovalovirtaohjausta, jotta alenemakertoimen käytöstä aiheutuvat alkuvaiheen valaistustason ylitykset saadaan minimoiduksi.

LED-valaisimien alenemakertoimessa on otettava huomioon myös valaisimien likaantuminen niiden eliniän aikana.

## 2.6 TV-kuvauksen lisävaatimukset

TV-kuvauksen osalta olennaisin valaistusteknillinen vaatimus on pystytason valaistusvoimakkuus ja sen tasaisuus. Vaadittava valaistusvoimakkuustaso on riippuvainen kentällä tapahtuvan liikkeen nopeudesta, pelivälineen koosta, kuvausetaisyudesta sekä kuvauskulmasta.

Lisäksi jäähallien valaistusta suunnitellessa tulee huomiota kiinnittää erityisesti seuraaviin tekijöihin:

- valaistusvoimakkuuksien yleistasaisuudet,
- värintoistoindeksi,
- värilämpötila,
- häikäisy ja pääkameroiden kannalta kriittisten valaisimien huomioiminen (tarvittaessa sammutus tai häikäisysojien käyttö),
- välkyntä sekä
- valaistuksen syttymis- ja himmennysominaisuudet.

TV-kuvauksen lisävaatimukset on huomioitu taulukon 6 valaistusteknillisissä vaatimuksissa, erityisesti valaistusluokan J1 tapauksessa. Taulukossa 6 eri valaistusluokille on asetettu vaatimukset pystytason keksimääräiselle valaistusvoimakkuudelle, valaistusvoimakkuuksien yleistasaisuuksille, värintoistoindeksille sekä värilämpötilalle.

Taulukon 6 vaatimukset pystytason keskimääräisille valaistusvoimakkuuksille ovat maksimikuvausetaisyydelle 25 m. Pääkameroiden kuvausetaisyyden ollessa suurempi, tulee pystytason keskimääräisen valaistusvoimakkuusvaatimuksen olla vastaavasti suurempi standardin SFS-EN 12193 kuvan 3 mukaisesti.

J1 valaistusluokan halleille pystytason valaistusvoimakkuudet tulee laskea kaikille neljälle päätason suunnalle pääkameroiden sijainneista sekä hallien monitoiminnallisuudessa johtuen, ks. kohta 3.4.

Jääkiekossa monet toiminnot tapahtuvat laitojen välittömässä läheisyydessä. Tästä johtuen TV-kuvauksen kannalta on erittäin oleellista, että pystytason valaistusvoimakkuudet laitojen vieressä täyttävät taulukon 6 vaatimukset ja että laidat eivät aiheuta varjoja jälle.

Euroopassa TV-kameroiden taajuus on yleensä 50 Hz (25 kuvaa sekunnissa). Suurnopeuskameroiden käyttö TV-kuvauksessa on kuitenkin yleistymässä ja niiden osalta valon taajuudella ja välkynnällä voi olla suuri merkitys kuvauksen laatuun. Välkynnän ehkäisemiseksi valaistuksen ohjaus valaistusluokasta J1 valaistusluokka J2:een on suositeltavaa toteuttaa valaisimien osasammutuksella, ei himmennyksellä. Himmennystä voidaan käyttää, jos voidaan taata, että valaisimet eivät aiheuta TV-kuvausta haittaavaa välkyntää himmennettynä. Välkyntää voidaan rajoittaa mm. liitäntälaittevalinnan avulla.

TV-kuvauksessa valaistuksen ohjauksen osalta olennaisinta on valonlähteiden syttymis- ja himmennysominaisuudet. On suositeltavaa käyttää valonlähteitä, jotka syttymisen jälkeen saavuttavat nopeasti täyden valovirran ja oikean värilämpötilan.

Jään suuri peiliheijastuvuus ja sen vaikutukset TV-kuvaukseen tulee huomioida valaisinsijoittelussa ja valonjako-ominaisuuksien valinnassa. Suuret luminanssit jään pinnalla aiheuttavat helposti ylivalottumista. Suunnittelijan tulee selvittää pääkameroiden paikat tilaajalta ennen suunnittelun aloittamista.

Jäähallien valomainoksien luminanssit tulee aina suhteuttaa kenttäalueen valaistusteknillisiin vaatimuksiin. Valomainokset ja informaatiotaulut eivät saa aiheuttaa TV-kuvausta haittaavaa välkyntää.

Valomainosten ja informaatiotaulujen moire-ilmiötä voidaan rajoittaa parantamalla mainosten ja taulujen resoluutiota.

## **2.7 Turvavalistus**

Turvavalistus koostuu kahdesta kokonaisuudesta: varavalistus ja poistumisvalaistus. Turvavalistus tulee suunnitella ja toteuttaa voimassa olevien kansallisten lakien ja asetusten sekä standardien SFS-EN 50171, SFS-EN 50172, SFS-EN 1838 ja SFS 6000-5-56 mukaan. Valaisimien tulee täyttää standardin SFS-EN 60598-2-22 vaatimukset.

Jäähallien kenttävalaistuksen osalta varavalistuksen tulee olla vähintään seuraava:

- valaistuksen taso tulee olla vähintään 5 % vaaditusta valaistusluokasta,
- varavalistuksen tulee toimia vähintään 30 sekunnin ajan ja
- varavalistuksen tulee jäädä päälle (tai syttyä välittömästi) kenttävalaistuksen vikatilanteessa, esim. sähkökatkoksen aikana.

Varavalistus suositellaan rakennettavaksi kiinteäksi osaksi kenttävalaistusta, esim. sijoittamalla osan kenttävalaisimista UPS-laitteen taakse. Kenttäalueen varavalistus on tarkoitettu varmistamaan urheilusuorituksen turvallinen keskeyttäminen vikatilanteissa.

## **3. SUUNNITTELU**

### **3.1 Valaistusperiaatteet**

Valaistuslaitteet valitaan ja sijoitetaan siten, että valaistuksen rakennuskustannusten ja hoitokustannusten 20 vuoden nykyarvon summa tulee mahdollisimman pieneksi ja että kohteeseen valitun valaistusluokan vaatimukset ja muut toimivuuteen, turvallisuuteen ja kestävyysliittyvät vaatimukset täyttyvät.

Valaistuksen suunnittelu käynnistetään seuraavien vaiheiden mukaisesti:

1. Määritellään hallin valaistustarpeet. Valaistusluokka valitaan jäähallityypin ja käyttötarpeen mukaan ali- ja ylimitoitusta välttämällä, ks. kohdat 1.1 ja 2.3.
2. Muodostetaan valaistusteknillisten laskentojen avulla (ks. kohta 3.4) samanarvoiset vaihtoehdot, jotka täyttävät kaikki valaistusteknilliset vaatimukset.
3. Vaihtoehtojen vertailu. Vaihtoehtoilta tulee tehdä kokonaistaloudellinen tarkastelu laskemalla elinkaarikustannusten nykyarvo, hyötykustannussuhde tai ensimmäisen vuoden tuotto. Elinkaarilaskelmia tehdessä tulee huomioida myös valaistuksen aiheuttamat kunnossapitokustannukset. Kustannuslaskentaesimerkki on esitetty liitteessä 1. Vaihtoehtojen valaistusasennusten tulee aina täyttää kaikki valaistusteknilliset vaatimukset, vasta tämän jälkeen voidaan tehdä lopullinen valinta energiatehokkuuden pohjalta.
4. Lopullinen valinta. Valaistusperiaatteet tulee valita ottamalla huomioon kaikki rakenteet ja sen tulee perustua kokonaistaloudellisiin tarkasteluihin.
5. Valaistusperiaatteet hyväksytään tilaajalla, jonka jälkeen aloitetaan suunnitelmien tuottamisvaihe, jossa valaisimien paikat sovitetaan hallin rakenteisiin ja suunnitellaan sähköjärjestelmät ja kannatinrakenteet.

### 3.2 Valonlähteet

Valolajin valinta tulee tehdä perustuen kokonaistaloudellisiin tarkasteluihin, ks. kohta 3.1.

Valonlähteiden tärkeimmät ominaisuudet valaistuksen kannalta ovat:

- valovirta,
- valotehokkuus (lm/W liitäntälaitteineen),
- hyötypolttoikä (h),
- kuolleisuus,
- valovirran alenema (%),
- valon väri, värilämpötila ja värintoistoindeksi,
- himmennysominaisuudet,
- valon suunnattavuus sekä
- hinta.

LED-valaisimien tekniset tiedot, suorituskyky ja elinikä tulee esittää standardin IEC 62722 mukaisesti ja LED-moduulien vastaavasti standardin IEC 62717 mukaisesti. Toistaiseksi, kunnes edellä mainitut standardit on julkaistu, LED-valaisimien eliniän arvioimiseen käytetään IEC:n suorituskykyvaatimuksia koskevaa PAS-esistandardia IEC/PAS 62722 sekä standardia IES LM-80-08 yhdessä standardin IES TM-21-11 kanssa. Lisäohjeet LED-valaisimien ominaisuuksien arvioimiseen ovat oppaassa ”Näin vertaillet ledivalaisimia”.

Muita huomioon otettavia ominaisuuksia ovat valaisimien liitäntäteho (nimellisteho + liitäntälaitteiden tehohäviöt), syttymis- ja uudelleensyttymisaika, tasolasin ja linssien ominaisuudet, heijastimien ominaisuudet jne.

Jäähallien yleisimpinä valonlähteinä käytetään monimetallilamppuja ja LEDejä niiden suuren valotehokkuuden takia. Monimetallilamppujen, loisteputkien ja LEDien ominaisuudet on esitetty taulukossa 9.

Valaisimen pieni teho ja valovirta johtavat suuriin valaisinmääriin, mikä kasvattaa rakennus- ja hoitokustannuksia. Suuri valotehokkuus, pitkä polttoikä ja pieni valovirran alenema vähentävät kustannuksia, mutta valaisimien suuri teho ja pienet valaisinmäärät saattavat johtaa huonompiin valaistusvoimakkuuden yleistasaisuuksiin.

Valonlähteiden värintoisto- ja värilämpötilavaatimukset ovat taulukossa 6. Liian suuria värilämpötiloja (> 6500 K) tulee välttää, ellei hankkeessa sitä erityisesti edellytetä.

LED-valaisimien tuottaman valon värikoordinaattien tulee pysyä koko elinkaaren aikana 7-portaisen MacAdamin ellipsin sisällä.

Energian kulutukseen liittyvien tuotteiden ekologisen suunnittelun vaatimukset on esitetty direktiivissä 2009/125/EY. Valonlähteiden ja liitäntälaitteiden energiatehokkuusvaatimukset on esitetty Komission asetuksessa (EY) N:o 245/2009. Lisäksi tulee ottaa huomioon Komission muutosasetus (EU) N:o 347/2010.

*Taulukko 9. Monimetallilamppujen, loisteputkien ja LEDien ominaisuudet.*

| Monimetallilamppu                                                                                                                                                                                                                    | Loisteputki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LED                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hyvät värintoisto-ominaisuudet<br>Himmennettävä<br>Yksinkertainen huoltaa<br>Hyvä valotehokkuus<br>Lyhyt polttoikä<br>Hidas syttyminen<br>Keraamisen purkausputken valotehokkuus ja valon laatu ovat kvartsilasista putkea paremmat. | Pitkä polttoikä<br>Yksinkertainen ja edullinen huoltaa<br>Valonjakaumaltaan hankalasti muokattavissa, mikä johtaa jäähalleissa yleensä huonoon energiatehokkuuteen<br>Valon tuotto riippuvainen ympäristön lämpötilasta<br>Syttyy nopeasti<br>Häikäisy hyvin hallittavissa<br>Soveltuu parhaiten mataliin asennuskorkeuksiin | Erittäin hyvät<br>himmennysominaisuudet<br>Pienikokoinen ja hyvin kirkas<br>Lämmöntuotto-ominaisuuksiltaan erilainen kuin perinteiset valonlähteet<br>Pitkä elinikä<br>Elinikä hyvin riippuvainen puolijohteen lämpötilasta<br>Hyvä valotehokkuus<br>Valonjakaumaltaan helposti muokattavissa<br>Syttyy nopeasti<br>Tärinän ja iskunkestävä |

### 3.3 Valaisimet

Valaisimien valinta tulee tehdä perustuen valaistusteknillisiin vaatimuksiin, kokonaistaloudellisiin tarkasteluihin sekä valolajin valintaan, ks. kohdat 3.1 ja 3.2.

Lisäksi valaisimien valintaan vaikuttavat mm.

- niiden sijoittamismahdollisuudet valaistavaan alueeseen nähden,
- valaisimien asennuskorkeudet sekä
- muiden rakenteiden vaikutukset valon jakautumiseen.

Valaisimen tulee suunnata valo hyvällä hyötysuhteella kenttäalueelle ja sen lähiympäristöön sekä suojata valonlähde ja heijastimet erilaisilta rasituksilta ja likaantumiselta.

LED-valaisimille tulee ilmoittaa koko valaisimen teho, valaisimen valovirta ja valaisimen valotehokkuus.

Valaisimen tulee täyttää pienjännitedirektiivin 2006/95/EY määrittelemät turvallisuusvaatimukset alla mainittujen standardien mukaan.

- SFS-EN 60598      osa 2 luku 1: Kiinteät yleisvalaisimet sekä osa 2 luku 5: Valonheittimet käytettynä yhdessä osan 1: Yleiset vaatimukset ja testit kanssa.
- SFS-EN 61347      osa 2 luku 13: LED-moduuleille tarkoitettujen liitäntälaitteiden turvallisuusvaatimukset käytettynä yhdessä osan 1: Liitäntälaitteiden yleiset sekä turvallisuutta koskevat vaatimukset kanssa.
- SFS-EN 62031      LED-moduulien turvallisuusvaatimukset.
- SFS-EN 62493      Valaisimien sähkömagneettisten kenttien (EMF) raja-arvot.

Valaisimien tulee täyttää sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan direktiivin 2004/108/EY määrittelemät EMC-vaatimukset alla mainittujen standardien mukaan.

- SFS-EN 55015 Valaisimien ja vastaavien laitteiden radiohäiriöiden raja-arvot ja mittausmenetelmät.
- SFS-EN 61000 osa 3 luku 2: Raja-arvot - harmoniset virrat (laitteet joiden ottovirta on enintään 16 A/vaihe)
- SFS-EN 61000 osa 3 luku 3: Raja-arvot – jännitteen vaihtelut (laitteet joiden ottovirta on enintään 16 A/vaihe)
- SFS-EN 61547 Yleisen valaistuskäytön laitteet. EMC-siedon vaatimukset.

Vaatimusten täyttyminen tulee osoittaa CE-merkkiin liittyvällä valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutuksella ja sen teknisillä asiakirjoilla tai asetuksen 2008/765/EY mukaisen vaatimustenmukaisuuden arviointilaitoksen testaustuloksilla.

Valaisimia koskee myös direktiivi 2011/65/EU ”Tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittaminen sähkö- ja elektroniikkalaitteissa”.

Valaisimille tulee myös tehdä fotobiologisen säteilyn mittaus standardin SFS-EN 62471 mukaan. Mittausstandardi koskee kaikkien valonlähteiden ja valaisimien fotobiologisen säteilyn mittausta. LED-valaisimet ja -lamput tulee testata ja arvioida. Muiden lamputyyppien osalta vaatimus on valmisteltavana. CE-merkintä edellyttää, että fotobiologisen säteilyn taso on varmistettu.

Valaisimien tulee olla kotelointiluokaltaan vähintään IP43.

Jos valaisimien optiikan suojalasi on lasia, tulee sen olla karkaistu ja laminoitu.

Valaisimissa tulee olla standardin SFS-EN 60598-1 mukaiset merkinnät.

Purkauslamppuvalaisimien metallisen lampunpitimen on oltava niin luja, että lamppu pysyy aina siinä asennossa, jolla valonjako-ominaisuudet on mitattu. Muut lampunpidintä koskevat vaatimukset ovat standardissa SFS-EN 60238.

Valaisimista on oltava asetuksen 2008/765/EY mukaisen vaatimustenmukaisuuden arviointilaitoksen mittaamat valonjako-ominaisuudet C - γ -järjestelmässä standardin SFS-EN 13032-1 mukaan.

### 3.4 Valaistusteknilliset laskennat

Valaistusteknilliset laskennat on tehtävä standardin SFS-EN 12193 mukaan.

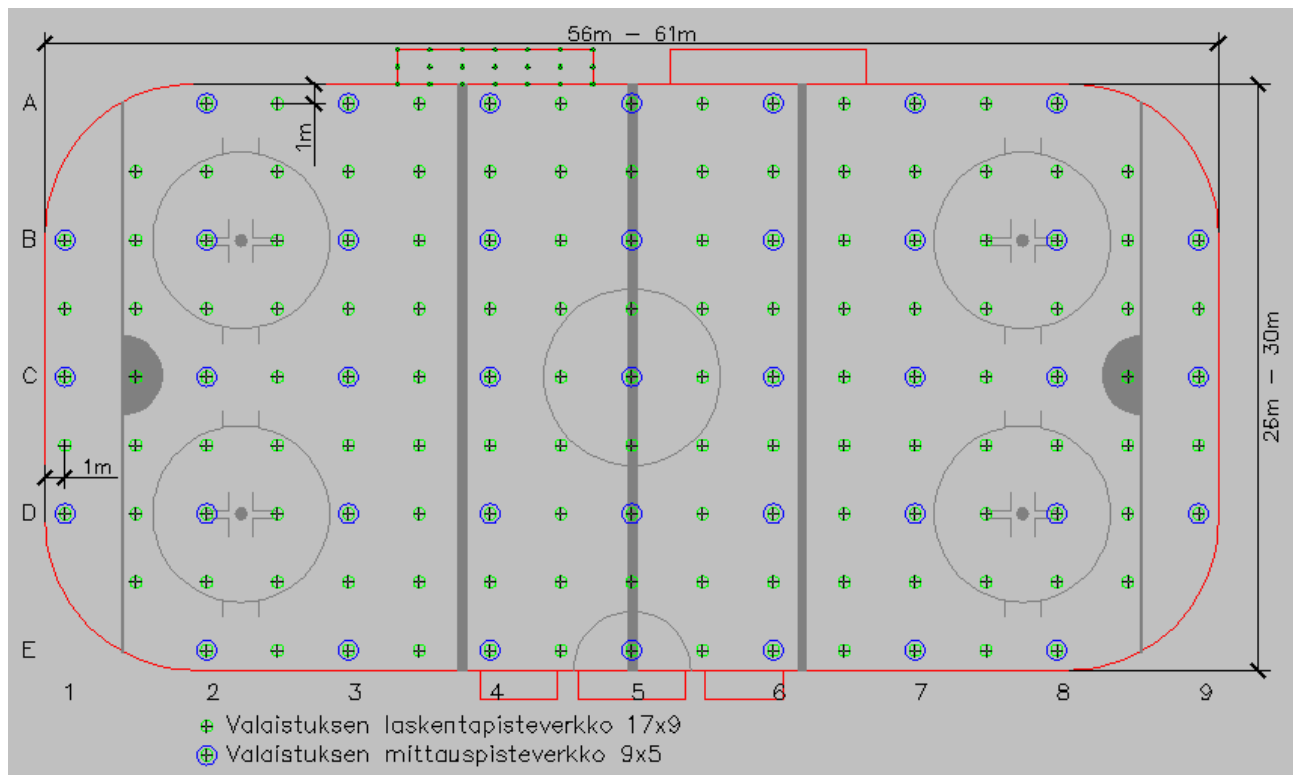
Jääkiekkokentän valaistusteknilliset laskennat suoritetaan laskentapisteverkon avulla, joka koostuu 17 laskentapistestä kentän pituussuunnassa ja 9 pisteestä kentän leveyssuunnassa, ks. kuva 2. Pituus- ja leveyssuunnassa reunimmaisista pisteistä sijoitetaan 1 m etäisyydelle kentän laidasta. Muut pisteet sijoitetaan tasavälein reunimmaisten pisteiden kautta kulkevalle suoralle.

Jääkiekkokentän ulkopuolelle ja liian lähelle laitoja (< 1 m) jäävät laskentapisteverkon kulmapisteet voidaan jättää huomioimatta arvioidessa valaistusteknillistä vaatimustenmukaisuutta.

Vaakatason valaistuvoimakkuudet lasketaan kentän pinnan tasolta. Pystytason valaistuvoimakkuudet lasketaan samoissa laskentapisteverkon pisteissä 1 m korkeudelta kohtisuoraan kentän pituustasoon nähden (pääkameroiden suuntaan) molempiin suuntiin. Pienimmät  $E_{vm}$ ,  $U_{vo}$  ja  $U_{vd}$  arvot ovat mitoittavat. Pystytason valaistusvoimakkuudet voidaan laskea vain yhteen suuntaan, jos toisella puolella kenttää ei ole katsomoa ja pääkameroita tai hallin valaistus on symmetrinen. J1 valaistusluokan halleille pystytason

valaistusvoimakkuudet tulee laskea kaikille neljälle päätason suunnalle pääkameroiden sijainneista sekä hallien monitoiminnallisuudesta johtuen.

Hallien monitoiminnallisuudesta johtuen laitoja ei huomioida valaistusteknisissä laskennoissa. Valaisimet tulee kuitenkin sijoittaa niin, että laidat eivät aiheuta varjoja pelialueelle, koska jääkiekossa monet toiminnot tapahtuvat laitojen läheisyydessä ks. myös kohta 2.6.



Kuva 2. Jääkiekkokentän laskentapisteverkko.

Vaihto- ja rangaistusaitioiden valaistustekniset laskennat tulee suorittaa omalla pisteverkolla. Aitioihin sijoitetaan leveyssuunnassa 3 laskentapistettä ja pituussuunnassa 7 laskentapistettä (pisteverkko 7 x 3), ks. kuva 3. Vaakatason valaistusvoimakkuudet lasketaan 1 m korkeudelta. Vaihto- ja rangaistusaitioiden mitat ja sijainnit vaihtelevat hankekohtaisesti ja ne tulee selvittää tilaajalta ennen suunnittelun aloittamista.



Kuva 3. Vaihto- ja rangaistusaitioiden laskentapisteverkko.

Valaistusteknisissä laskennoissa jään värinä tulee käyttää RAL 9010 värisävyä. Jään heijastuskertoimena tulee käyttää arvoa 0,70. Jos jään pintaan maalataan paljon tummia mainoksia, on jään heijastuskerrointa alennettava arvoon 0,60. Katon ja seinien heijastuskertoimena tulee käyttää arvoa 0,10. Jos hankkeessa käytetään muita heijastuskertoimia, on ne hyväksyttävä tilaajalla ja todettava rakennussuunnitelman valaistustiedoissa sekä työkohtaisissa laatuvaatimuksissa.

Valaistus tulee suunnitella käyttäen alenemakerrointa, joka vastaa valittuja valaistuslaitteita, tilan ympäristötekijöitä ja määriteltyä huoltosuunnitelmaa, ks. kohdat 2.5 ja 5.

Valaistusteknisissä laskennoissa tulee huomioida mediakuution ja informaatiotaulujen sijainnit ja niiden vaikutukset valaistustulokseen.

### **3.5 Sähköjärjestelmät**

#### **3.5.1 Sähköverkko**

Sähköverkon suunnittelu tulee tehdä:

- standardin SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset,
- standardin SFS 3209 Jakokeskus- ja teletilat sekä johtotiet,
- Talotekniikan RYL 2002:n (osa 2, kohdat H ja J),
- ST käsikirjan 34 Hyvä asennustapa sähkö- ja teletöissä sekä
- ST-kortin ST 51.13 Kaapelihyllyt, -tikkaat ja valaisinripustuskiskot mukaan.

Valaistusverkon mitoituksessa on huomioitava sähköverkon mitoituksen perusteet. Jäähallissa kaapeleiden pituudet voivat olla hyvinkin suuria ja se on huomioitava sähköverkon mitoituksessa. Lisäksi on otettava huomioon valaisimien suuret tehot ja suuret syttymisvirrat. Ryhmien etusulakkeet tulee mitoittaa kestämaan valaisimien ottamat syttymisvirrat.

#### **3.5.2 Sähkölaitteet**

Johtotiet suunnitellaan valaisimien sijaintien perusteella. Valaisimien symmetrinen sijoittaminen helpottaa tarvittavien johtoteiden optimointia. Standardissa SFS 3209 "Jakokeskus- ja teletilat sekä johtotiet" on annettu ohjeet johtoteiden tarvitsemien tilojen mitoituksesta.

Johtoteiden suunnittelussa tulee noudattaa valmistajien ohjeita. Kaikki kulma-, risteys- ja nivelkohdat tulee suunnitella käyttäen johtotiejärjestelmän mukaisia vakio-osia, jotka ovat samaa sarjaa ko. hyllyn kanssa.

Johtoreittien suunnittelussa tulee huomioida myös äänentoiston ja muiden tekniikka-alojen laitteiden tuomat vaatimukset.

Johtoteiden kannatinrakenteet tulee mitoittaa koko kuormalle huomioiden valaisimien, kaapeleiden ja johtoteiden kokonaispaino. Lisäksi tulee selvittää, mitä muita kaapeleita ja laitteita (mm. äänentoisto ja heikkovirtakaapelit) johtoteihin tullaan liittämään.

Johtoteiden ripustusvälien tulee noudattaa valmistajien tyyppikohtaisia kuormituskäyriä. Suunnittelijan on lisäksi selvitettävä tuleeko kohteessa käyttää yhteiskannattimia LVI- järjestelmien kanssa.

### **3.6 Valaistuksen ohjaus**

Yksinkertaisella ja toimivalla ohjauksella voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä.

Valaistuksen ohjauksen tarve määräytyy hallin toiminnan ja käyttötarkoitusten sekä valaistusluokan mukaan. Valaistuksen ohjauksessa tulee ottaa huomioon hallien monitoiminnallisuus, esim. erilaiset urheilulajit.

Suurahallin, kilpailuhallin ja pienen kilpailuhallin valaistusta tulee voida ohjata minimissään kolmeen valaistustasoon (Ottelu/Kilpailu – Harjoitus – Huolto). Ohjaus voidaan toteuttaa valaistusluokkien avulla, taulukko 10, pudottamalla tai nostamalla valaistusluokkaa käyttötarkoituksen mukaan.

Valaistuksen säätö suositellaan toteutettavaksi himmentämällä. Tällöin valaistusvoimakkuuksien yleistasaisuudet säilyvät. Poikkeuksena on ohjaus valaistusluokasta J1 valaistusluokkaan J2:een, ks. kohta 2.6.



Jos valaisimia ei voida himmentää tulee käyttää osasammutusta. Yleensä osasammutus heikentää yleistasaisuuksia. Osasammutuksessa tulee huomioida valaisimien polttotunnit käyttämällä vuorottelua, jolloin kaikkien valaisimien polttoajat pysyvät samoina.

*Taulukko 10. Valaistuksen ohjaus valaistusluokkien avulla.*

| Jäähallityyppi                        | Valaistusluokka | Muuttuva valaistus                             |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|
| Suurhalli<br>Kilpailuhalli            | J1              | J1 – J2 – J3 – J4 – Huolto – J4 – J3 – J2 – J1 |
| Kilpailuhalli<br>Pieni kilpailuhalli  | J2              | J2 – J3 – J4 – Huolto – J4 – J3 – J2           |
| Pieni kilpailuhalli                   | J3              | J3 – J4 – Huolto – J4 – J3                     |
| Harjoitushalli<br>Katettu tekojäärata | J4              | J4 – Huolto – J4                               |

Ohjaukseen voidaan liittää tapahtumavalaistus. Tapahtumavalaistuksen ohjaukset vaativat yleensä valaisimien sammuttamista tai valaistustason himmentämistä hyvin alhaisiin arvoihin. Ohjauksen suunnittelussa on tällöin huomioitava käytettävien valonlähteiden syttymisnopeus. Esim. purkauslamput eivät syty heti vaan vaativat tietyn ajan saavuttaakseen täyden valovirran. Valaistusluokan J1 halleissa ohjauksen tulee olla yhteensopiva tapahtumavalaistuksen kanssa.

Valaistusluokan J1 jäähalleissa tulee käyttää valonlähteitä, jotka syttymisen jälkeen saavuttavat nopeasti täyden valovirran ja oikean värilämpötilan. Vaihtoehtoisesti purkauslamppuvalaisimien osalta voidaan käyttää lamelleja tai muita peittäviä rakenteita, joilla valaisimien valon tuotto saadaan ehkäistyä tarvittavaksi ajaksi lamppuja sammuttamatta.

Purkauslamppujen liiallista päälle/pois kytkemistä tulee välttää, koska lamppujen elinikä laskee sytytyskertojen noustessa.

Valaistuksen ohjauskeskus tulee olla keskeisesti sijoitettu henkilökunnan saataville. Taloautomaatiojärjestelmään on helppo lisätä myös kenttäalueen valaistuksen ohjaukset. Lisäksi tapahtumavalaistuksen ohjausta varten on mietittävä ohjauspaikkojen lisätarve.

## 4. SUUNNITELMAT

Kaikki suunnitelma-asiakirjat tulee laatia siten, ettei niissä ole tulkintamahdollisuutta ja että niistä löytyy kaikki hankkeen rakentamiseen tarvittava suunnittelutieto. Suunnitelmien tuottamisvaiheessa suunnittelijan tulee varmistaa mm. seuraavat asiat:

- valaistusluokka ja valaistusteknilliset vaatimukset vastaavat hallityyppiä ja hallissa suoritettavaa toimintaa,
- valaistusperiaatteet on valittu ottamalla huomioon kaikki rakenteet ja ne perustuvat kokonaistaloudellisiin tarkasteluihin,
- valaistusteknillisissä laskennoissa on huomioitu mediakuution ja informaatiotaulujen sekä muiden rakenteiden vaikutukset valaistustulokseen,
- valaisimet on sijoitettu niin, että laidat eivät aiheuta varjoja pelialueelle,
- kaikki valaistusteknilliset vaatimukset täyttyvät asianmukaisilla alenema- ja heijastuskertoimilla kenttäalueen sekä vaihto- ja rangaistusaitioiden osalta,

- kenttäalueen valaistuksen suunnittelussa on huomioitu hallien monitoiminnallisuus, esim. erilaiset urheilulajit
- valaisinsijoittelussa ja valonjako-ominaisuuksien valinnassa on huomioitu häikäisy,
- TV-kuvauksen lisävaatimukset on otettu huomioon (pääkameroiden sijainnit, pystytason valaistusvoimakkuuksien pääsuunnat),
- kenttäalueen valaistus on sovitettu hallin yleis-, turva-, ja tapahtumavalaitukseen,
- kenttäalueen valaistus on suunniteltu niin, ettei se häiritse turvakameravalvontaa,
- kenttäalueen valaistuksen ohjaus on toteutettu hallin toiminnan ja käyttötarkoituksen mukaan (esim. valaistusluokkien mukaan tapahtumasta riippuen) TV-kuvauksen vaatimukset huomioiden,
- suunnitelmat ovat toteuttamiskelpoisia eivätkä ole ristiriidassa muiden osa-alueiden ja tekniikka-alojen suunnitelmien kanssa.

Suunnittelija on velvollinen tekemään suunnitelmien sisäisen tarkastuksen ja laadunvarmistuksen, jolla varmistetaan suunnitelmien ja ratkaisujen oikeellisuus ja vaatimustenmukaisuus.

Alla olevaan luetteloon on koottu jäähallin valaistuksen rakennussuunnittelussa tuotettavia asiakirjoja;

- piirustusluettelo,
- työkohtaiset laatuvaatimukset,
- kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustukset 1:100 tai 1:50,
- valonheitinten suuntauspiirustus,
- valaisinluettelo,
- tarvikeluettelo,
- erikoisratkaisujen rakennepiirustukset ja erikoislaitteiden kiinnitysten mittapiirustukset,
- valaistusteknilliset laskennat laskennallisella alenemakertoimella, laskelmat tulee arkistoida laatukansioon,
- valaistusteknilliset laskennat 1.00 alenemakertoimella,
- keskusten pääkaaviot,
- ryhmäkohtaiset kuormitustaulukot,
- jännitehäviö- ja oikosulkuvirtalaskelmat,
- ohjauskaavio,
- määräluettelo ja
- kustannusarvio.

Asiakirjaluettelon lopullinen laajuus määräytyy aina hankekohtaisesti.

Edellä esitettyjen asiakirjojen lisäksi suunnittelijan tulee määritellä perusteellinen huolto-ohjelma, jossa esitetään ryhmävaihtovälit, vaatimukset yksittäisvaihdolle, valaisimien puhdistusvälit ja puhdistusmenetelmät sekä muut valaistuksen kunnossapitotoimet, ks. kohta 5.

Tilaaajan hyväksyttyä suunnitelmat, suunnittelija toimittaa lopulliset suunnitelmat ja tiedostot tilaajalle. Jos hyväksyttyihin suunnitelmiin tehdään tämän jälkeen muutoksia, merkitään ne muutosmerkinnöin.

## **5. VALAISTUKSEN KUNNOSSAPITO**

### **5.1. Valaistuslaitteiden kunnossapito**

Valaistusjärjestelmien kunnossapidon tavoitteena on pitää oikea-aikaisella ja laadukkaalla kunnossapidolla valaistus sovitulla tavalla toimintakunnossa sekä jatkaa rakenteiden ja laitteiden elinkaarta mahdollisimman pitkäksi. Valaistuksen kunnossapitotoimenpiteillä taataan valaistusteknillisten vaatimusten täyttyminen koko valaistuksen elinkaaren ajaksi.

Kenttäalueen valaistusten osalta tehtäviin kuuluvat valaistuksen ryhmä- ja yksittäisvaihdot, sulake- ja ryhmäkaapelivikojen korjaukset, kaapelireittien kunnon tarkistus ja tarvittaessa korjaus sekä ohjauksen toimivuuden tarkastus ja tuntimittareiden lukemien kirjaaminen.

Valaistuksen ryhmä- ja yksittäisvaihdot sisältävät valonlähteiden vaihdon tai LED-valaisimien tai LED-moduulien sekä liitäntälaitteiden ja muiden tarvittavien sähköosien vaihdon, valaisimien puhdistuksen, rikkoutuneiden komponenttien vaihdon ja suuntauksen tarkistuksen.

Valaistuksen kunnossapitotoimenpiteet on suositeltavaa toteuttaa yhdessä jäähallin muiden huoltotoimien kanssa.

Valaisimet, jotka on varustettu pitkän eliniän omaavilla valonlähteillä (mm. loisteputki tai LED), tulee puhdistaa ryhmävaihtojen välissä 4 vuoden välein.

## 5.2 Valonlähteiden ryhmävaihto

Valonlähteiden ryhmävaihdot tulee hoitaa taulukossa 11 annetun valonlähdekohtaisen vaihtovälin mukaan. Vaihdot tulee tehdä toteutuneiden ryhmäkohtaisten tuntimäärien mukaan.

Jos ohjausjärjestelmässä tai keskuksessa ei ole käytössä tunti-laskureita käytetään vuosi-arviota. Tällöin valaistuksen vuotuinen poltto-aika tulee selvittää.

Monimetallilamppujen tapauksessa ryhmävaihto voidaan joutua suorittamaan ennen taulukon 11 vaihtoväliä jos lamppujen värin-toisto-ominaisuudet heikkenevät merkittävästi.

Valonlähteiden ryhmävaihdon yhteydessä suoritetaan tarvittaessa ryhmäkohtaisen sulakkeen vaihto ja/tai johdonsuoja-automaatin testaus sekä havaittujen viallisten suojalasien, liitäntälaitteiden, kuristimien, sytyttimien, kondensaattorien ja muiden sähköosien vikojen korjaaminen. Lisäksi ryhmävaihdon yhteydessä tulee tarkistaa kiinnitysten kunto.

Taulukko 11. Eri valonlähteiden ryhmävaihtovälit.

| Valonlähde                              | Ryhmävaihto-<br>väli | Vuosi-arvio  |
|-----------------------------------------|----------------------|--------------|
| Monimetalli, kvartsilasi, $\geq 1000$ W | 4 000 h              | 2 v          |
| Monimetalli, kvartsilasi, $< 1000$ W    | 10 000 h             | 2,5 v        |
| Monimetalli, keraaminen                 | 12 000 h             | 3 v          |
| Loisteputki T8 /T5,<br>pakkasputki      | 48 000 h             | 12 v         |
| LED*                                    | 50 000 - 80 000 h*   | 12,5 – 20 v* |

\* Valkoista valoa tuottavan LED-valaisimen elinikä on yleensä 50 000 - 80 000 h arvoille  $L_{80}F_{10}$ , lämpötilassa  $t_a = 25$  °C. Arvot vaihtelevat hyvin paljon valaisintyyppin ja käyttösovelluksen mukaan. Hankekohtaiset arvot tulee aina selvittää valmistajilta.

Valaisimet puhdistetaan valonlähteiden ryhmävaihdon yhteydessä. Puhdistuksen osalta tulee noudattaa valaisinvalmistajan ohjeita (mm. pesuaineet). Mitään voimakkaasti happamia tai emäksisiä aineita ei saa käyttää. Kemikaalien käyttöä tulee myös välttää. Valaisimet tulee puhdistaa esim. pesemällä suojalasi, linssien pinnat ja heijastimet.

Valonlähteiden ryhmävaihtoajankohta tallennetaan tietokantaan. Suoritettujen ryhmien tunti-laskurit nollataan.

### 5.3 Valonlähteiden yksittäisvaihto

Jäähalleissa valonlähteiden vaihdot tulee suorittaa ensisijaisesti ryhmävaihtoina. Valonlähteiden yksittäisvaihdot voidaan joutua suorittamaan, jos kentän valaisimista on  $\geq 5$  % pimeänä. Tällöin valonlähteiden yksittäisvaihdot tulee suorittaa mahdollisuuksien mukaan muiden huoltotöiden yhteydessä.

Valonlähteiden yksittäisvaihdon yhteydessä suoritetaan havaittujen viallisten suojalasien, liitäntälaitteiden, kuristimien, sytyttimien, kondensaattorien ja muiden sähköosien vikojen korjaaminen. Lisäksi ryhmävaihdon yhteydessä tulee tarkistaa kiinnitysten kunto.

Valaisimet, joiden valonlähteet vaihdetaan, puhdistetaan ks. kohta 5.2.

Valaisimet, joille on tehty yksittäisvaihdot, tallennetaan tietokantaan.

### 5.4 Laadunvarmistus ja valaistusteknilliset mittaukset

Jotta toteutetun kenttävalaistuksen vaatimustenmukaisuudesta voidaan varmistua, on laadunvarmistuksen tavoite todentaa, että

- valaistusteknillinen laskenta täyttää kaikki valaistusvaatimukset,
- valaistusasennus on valaistuksen rakennussuunnitelmien mukainen.

Laadunvarmistus sisältää kaksi vaihetta, jotka suoritetaan seuraavassa järjestyksessä

- kohteen valaistuksen rakennussuunnitelmien tarkastus ja
- valaistusteknilliset mittaukset.

Laadunvarmistuksen lähtöaineistoksi tarvitaan kohteen valaistuksen rakennussuunnitelmat (loppukuvat).

Jos alkuperäisiin valaistussuunnitelmiin on tehty muutoksia hankittavien valaisimien osalta, tulee valaistusteknilliset laskennat tarkastaa erityisen huolellisesti.

Jos alkuperäiset valaistusteknilliset laskennat ovat puutteellisia tai ne ovat ristiriidassa toteutuneen asennuksen kanssa, tulee valaistusteknillisten vaatimusten täyttyminen toteutuneilla ratkaisulla tarkistaa uusien laskennoin. Jos valaistusteknilliset vaatimukset eivät täyty, on virheellinen asennus korjattava. Tarvittaessa valaistusteknillisillä mittauksilla voidaan varmistaa mahdollinen asennuksen virheellisyys.

Kun kohteen valaistusteknilliset laskennat on todettu vaatimustenmukaisiksi, suoritetaan valaistusteknilliset mittaukset. Valaistusteknillisillä mittauksilla tarkastetaan, onko valaistus toteutettu suunnitelmien mukaisesti.

Mittauksissa tulee käyttää tarkoitukseen sopivaa, laadukasta ja CIE:n standardivalo A:n mukaan kalibroitua vaaka- ja pystytason valaistusvoimakkuuden mittaamiseen soveltuvaa valaistusvoimakkuusmittaria erillisellä valoanturilla. Mittarin kalibrointitarkkuuden tulee olla  $< \pm 4$  %. Valaistusvoimakkuusmittarissa tulee olla huomioitu kosinikorjaus sekä silmän spektriherkkyyssävy.

Valaistus mitataan sen ollessa täydellä teholla. Tarvittaessa voidaan suorittaa erillinen mittaus himmennetylle valaistukselle valaistuksen ohjauksen toimivuuden tutkimiseksi. Jokaisesta valaistusteknillisestä mittauksesta laaditaan erillinen raportti, josta tulee löytyä seuraavat tiedot:

- mittauskohteen tiedot,
- mittauksen suorittajan nimi,
- mittausajankohta ja -olosuhteet (pvm, kellon aika, lämpötila),
- jääkiekkokentän sekä vaihto- ja rangaistusaitioiden mitat,
- päätason suunnat jos mitataan pystytason valaistusvoimakkuudet,
- valaisin- ja valonlähdetyyppit sekä
- mitattavan valaistuksen kunto ja likaantumistaso.

Mittauspisteverkko ja mittauspisteet on määritelty kohdassa 3.4, kuvat 2 ja 3.

Mittaustuloksissa tulee esittää seuraavat asiat:

- mittauspisteiden vaaka- ja pystytason valaistusvoimakkuudet  $E_h$  ja  $E_v$ ,
- vaakatason keskimääräinen valaistusvoimakkuus  $E_{hm}$  (lasketaan kaikkien mittauspisteiden valaistusvoimakkuuksien keskiarvo),
- pystytason keskimääräinen valaistusvoimakkuus  $E_{vm}$  (lasketaan kaikkien mittauspisteiden valaistusvoimakkuuksien keskiarvo) päätason suuntiin, pienin arvo on mitoitettava,
- minimivalaistusvoimakkuus  $E_{hmin}$  ja  $E_{vmin}$  (ilmoitetaan alin mitattu vaakatason ja pystytason valaistusvoimakkuus),
- maksimivalaistusvoimakkuus  $E_{hmax}$  ja  $E_{vmax}$  (ilmoitetaan suurin mitattu vaakatason ja pystytason valaistusvoimakkuus),
- valaistuksen yleistasaaisuudet  $U_{ho}$ ,  $U_{hd}$ ,  $U_{vo}$  ja  $U_{vd}$  ( $U_{vo}$  ja  $U_{vd}$  osalta pienin arvo on mitoitettava) ja
- vierekkäisten mittauspisteiden pystytason valaistusvoimakkuuksien suurin mitattu ero prosenteissa.

Kun valaistusvoimakkuudet on mitattu mittauspisteverkon määrittelemissä mittauspisteissä, selvitetään valaistusteknillisen laskennan avulla vastaavissa pisteissä valaistusvoimakkuuksien laskennalliset arvot. Koska mitattava valaistus on yleensä uusi, tulee alenemakertoimen olla 1. Jos valaistus ei ole uusi, tulee laskennoissa käyttää hankekohtaista, todellisuutta mahdollisimman hyvin vastaavaa ja tilaajan kanssa sovittua alenemakerrointa.

Jos mitatut ja laskennalliset valaistusvoimakkuusarvot vastaavat toisiaan riittävän hyvin (keskimääräiset valaistusvoimakkuudet enintään -8 %, valaistuksen yleistasaaisuudet  $U_o$  enintään -15 % ja valaistuksen yleistasaaisuudet  $U_d$  enintään -30 %), voidaan valaistusasennuksen todeta olevan suunnitelmien ja valaistusteknillisten vaatimusten mukainen. Jos mittaustulokset poikkeavat laskennallisista, selvitetään poikkeamien syy ja jatkotoimista päätetään tapauskohtaisesti.

Vierekkäisten mittauspisteiden välinen pystytason valaistusvoimakkuuden ero saa olla J1 ja J2 valaistusluokissa maksimissaan 40 %.

## LIITE 1 VALAISTUKSEN ELINKAARIKUSTANNUKSET

Valaistuksen elinkaarikustannuslaskelmissa tulee huomioida valaistuksen rakennus- ja hoitokustannukset. Jäähallien valaistuksen elinkaari on yleensä 20 vuotta.

Rakennuskustannuslaskelmissa on otettava huomioon eri valaistusratkaisuiden asennustyöt sekä kaapelireitti- ja kaapelointimäärät valaistukselle ja sen ohjaukselle. Hoitokustannuksissa on huomioitava valaisimien yksittäisvaihtojen tarve sekä valaisinlaitteiden vikojen korjaukset normaalien ryhmävaihtojen lisäksi. Energiakustannukset tulee määritellä mahdollisimman todenperäisten polttoaikojen mukaan.

Taulukossa 12 on esitetty kuuden eri valmistajan valaisimien elinkaarikustannukset. Kustannusvertailut on tehty pienelle kilpailuhallille, jonka valaistusluokka on J3. Valaistusteknilliset laskennat on suoritettu tämän ohjeen mukaisesti. Jääkiekkokentän mitat ovat 61 m x 30 m. Valaisimien asennuskorkeus on 6 m.

*Taulukko 12. Elinkaarilaskelmat eri valonlähteille ja valaisimille. Valaisimien tiedot hankittu 1/2014.*

|                                                            | T5               | HID              | LED_A            | LED_B            | LED_C            | LED_D            | LED_E            | T5               |
|------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Valaisimia [kpl]                                           | 196              | 44               | 120              | 70               | 120              | 150              | 70               | 108              |
| Valaisin rivejä [kpl]                                      | 7                | 4                | 6                | 5                | 6                | 6                | 5                | 5                |
| Teho [kW]                                                  | 33,7             | 24,6             | 15,0             | 18,7             | 15,6             | 15,9             | 17,2             | 37,2             |
| Huoltoväli [h]                                             | 50000            | 12000            | 60000            | 60000            | 60000            | 50000            | 60000            | 50000            |
| Investointi                                                | 59 100 €         | 24 800 €         | 78 000 €         | 64 300 €         | 81 000 €         | 89 700 €         | 64 300 €         | 45 400 €         |
| Ryhmävaihto                                                | 12 800 €         | 38 700 €         | 53 403 €         | 11 000 €         | 56 500 €         | 75 400 €         | 11 000 €         | 15 000 €         |
| Kunnossapito (yksittäis vaihdot lamppu+Valaisin)           | 11 000 €         | 3 700 €          | 18 100 €         | 10 000 €         | 22 800 €         | 21 800 €         | 10 000 €         | 10 100 €         |
| <b>Hoitokulut yhteensä</b>                                 | <b>23 800 €</b>  | <b>42 400 €</b>  | <b>71 503 €</b>  | <b>21 000 €</b>  | <b>79 300 €</b>  | <b>97 200 €</b>  | <b>21 000 €</b>  | <b>25 100 €</b>  |
| Energiakustannukset                                        | 134 500 €        | 92 750 €         | 60 500 €         | 75 400 €         | 63 000 €         | 64 200 €         | 69 266 €         | 148 000 €        |
| <b>Elinkaaren aikaiset käyttökustannukset 20 vuotta</b>    | <b>158 300 €</b> | <b>135 150 €</b> | <b>132 003 €</b> | <b>96 400 €</b>  | <b>142 300 €</b> | <b>161 400 €</b> | <b>90 266 €</b>  | <b>173 100 €</b> |
| <b>Elinkaarikustannus (investointi + käyttö) 20 vuotta</b> | <b>217 400 €</b> | <b>159 950 €</b> | <b>210 003 €</b> | <b>160 700 €</b> | <b>223 300 €</b> | <b>251 100 €</b> | <b>154 566 €</b> | <b>218 500 €</b> |

Laskelmien oletettuina lähtötietoina ovat olleet seuraavat arvot:

- Vuotuinen polttoaika, 100 % teho, 1200 h/a
- Vuotuinen polttoaika, 50 % teho, 3000 h/a
- Energian hinta 0,10 EUR/kWh
- Vaihtokustannus ryhmävaihdossa 28 EUR/valaisin
- Vaihtokustannus yksittäisvaihdossa 56 EUR/valaisin
- Liitäntälaitteet 1 % vuodessa
- Yksittäisvaihtojen suhteellinen määrä vuosittain 0,5 %
- Valaisin kouru asennettuna 35 EUR/m
- Kaapelointi töineen 5 EUR/m

Loisteputki- ja moni metallivalaisimille ryhmävaihtoväli on määritelty taulukon 11 mukaan. Lisäksi on oletettu, että valaisimia vikaantuu 1 % vuodessa (liitäntälaitteen vaihto) ja yksittäisiä lamppuvikoja tulee 0,5 % vuodessa (lamppujen yksittäisvaihdot). Liitäntälaitteet on laskettu vaihdettavaksi yhden kerran elinkaaren aikana ryhmävaihdon yhteydessä.

LED-valaisimille on laskettu yksi valaisimien ryhmävaihto tai LED-moduulien ja liitäntälaitteiden ryhmävaihto elinkaaren aikana. Lisäksi on oletettu, että valaisimia vikaantuu 1 % vuodessa (liitäntälaitteen vaihto) ja yksittäisiä merkittäviä valonlähdevikoja tulee 0,5 % vuodessa (valaisimen tai LED-moduulin vaihto).

Valaistuksen elinkaarikustannuslaskelmissa tulee huomioida valaisimien lämpökuormien vaikutukset jäähallin hoitokustannuksiin.