

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka

Timo Myllyniemi

Kattilarakennuksen valaistuksen suunnitteluohje

Työn valvoja
Työn tilaaja
Tampere 2007

Tekn.lis. Pirkko Harsia
Kvaerner Power Oy, ohjaajana Henri Montonen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Talotekniikka

Myllyniemi, Timo

Kattilarakennuksen valaistuksen suunnitteluohje

Tutkintotyö

36 sivua + 70 liitesivua

Työn valvoja

Tekn. lis. Pirkko Harsia

Työn tilaaja

Metso Power Oy, ohjaajana Henri Montonen

Maaliskuu 2007

Hakusanat

Valaistus, suunnitteluohje, voimalaitos

TIIVISTELMÄ

Voimalaitoksia toimittavan Metso Power Oy:n projekteissa kattilarakennukset ovat suuria valaistavia kohteita. Työn tarkoituksena oli koota tietopaketti ja työkalu parantamaan kattilaprojektien osana toimitettavan valaistuksen tasoa ja helpottamaan yrityksen projektihenkilöiden töitä valaistuksen osalta.

Lähtökohta työn tekemiselle oli tarve varmistaa nykyisten vaatimuksien täyttyminen toimituksissa ja selventää epäselviä asioita tulevia projekteja varten. Metso Power Oy:lle toimitettuun suunnitteluohjeeseen on kerätty voimassa olevat asetukset uusimmista standardeista. Sen lisäksi ohjeeseen selvitettiin tulevien projektien toimintamalleja Dialux-valaistuksen suunnitteluohjelmalla tehdyillä simuloinneilla.

Lopputuloksena saatiin yritykselle toimiva työkalu ja käsikirja kattilarakennuksen valaistuksen toteutusta varten. Ohjeeseen selvitettiin arviointiperusteet valaistuksen tarpeelle toimituksen koon mukaan, eri valaistustasojen merkitys toteutukseen ja kulutukseen sekä perussäännöt tulevien projektien toteutukselle. Työnä laadittu valaistuksen suunnitteluohje rajoittuu kattilarakennuksen sisätiloihin. Ohjeen laajuus kasvoi koko valmistusprosessin ajan. Muutamia selvitettäviä asioita rajattiin ohjeen ulkopuolelle, kuten esimerkiksi ulkovalaistus ja lentoestevalaistus. Mahdollisesti näitä koskevat toimintamallit lisätään ohjeen seuraaviin versioihin.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Building Services Engineering

Myllyniemi, Timo

Engineering Instructions for Boiler House Lighting

Engineering Thesis

36 pages + 70 appendices

Thesis Supervisor

Licentiate in Technology Pirkko Harsia

Commissioning company

Metso Power Oy, Supervisor: Henri Montonen

March 2007

Keywords

Lighting, Engineering instructions, Power plant

ABSTRACT

Boiler house is the largest building in a power plant. Boiler houses delivered by Metso Power Ltd. are between 20 - 80 metres high. Inside it is divided into several operating levels, each a few meters high. Being a large building, the boiler house requires a lot of lighting. The lighting should meet the requirements set by the latest standards. Therefore the lighting design for boiler houses must be done by predefined rules. In this study all the relevant information and common rules for this type of lighting project have been gathered into a single document. Requirements of lighting for working areas were collected from latest standards. For lighting design of future projects, different models were engineered using lighting design software Dialux. The models were compared and the results were agreed as common practices. The instructions prepared on the basis of this study are currently in use in few projects.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
MÄÄRITELMIÄ:	5
1 JOHDANTO	8
2 VALAISTUKSEN VAATIMUKSET	9
2.1 TYÖALUEIDEN VALAISTUS.....	9
2.1.1 <i>Standardien laajuus</i>	9
2.1.2 <i>Valaistusvoimakkuus ja sen vaikutukset</i>	10
2.1.3 <i>Luminanssijakauma ja kiusahäikäisy</i>	11
2.1.4 <i>Väriämpötila ja värintoisto</i>	12
2.1.5 <i>Stroboskooppi-ilmiö ja välkyntä</i>	13
2.2 VALAISIMIEN SUOJAUKSET JA EX-MÄÄRÄYKSET	13
2.2.1 <i>Kotelointiluokitukset</i>	13
2.2.2 <i>Suojausluokat</i>	14
2.2.3 <i>Valaisimien Ex-luokitukset</i>	14
2.3 VALAISTUKSEN KÄYTTÖNÖTÖTARKASTUKSET	15
2.4 TURVAVALAISTUS	15
2.4.1 <i>Poistumisvalaistus</i>	15
2.4.2 <i>Varavaistaus</i>	16
3 KATTILARAKENNUKSET	17
3.1 KATTILARAKENNUKSEN YLEISKUVAUS JA RAKENNE	17
3.2 KATTILARAKENNUS VALAISTUSSUUNNITTELUKOHTENA	18
4 KATTILARAKENNUKSEN VALAISTUKSEN SUUNNITTELUOHJE	20
4.1 VALAISTUKSEN SUUNNITTELUOHJEEN SISÄLTÖ	20
4.2 KATTILARAKENNUKSEN MITOITUSPISTEET	21
4.3 KATTILARAKENNUKSIEN VALAISTUSTOTEUTUKSET	21
4.3.1 <i>Laitoksen kapasiteetin vaikutus valaisimien määrään</i>	22
4.4 KATTILARAKENNUKSEN TURVAVALAISTUS.....	22
4.5 KATTILARAKENNUKSEN ESIMERKKIMITOITUKSET	23
4.5.1 <i>Valaistustason vaikutuksesta valaistuskustannuksiin</i>	26
4.5.2 <i>Varmennetun valaistuksen mitoitus</i>	28
4.5.3 <i>Suurpainenatrium- ja loistevalaisimien käyttö kattilarakennuksessa</i>	30
5 YHTEENVETO	32
LÄHTEET:	34
LIITTEET	36
LIITE A KATTILARAKENNUKSEN VALAISTUKSEN SUUNNITTELUOHJE	
LIITE B TUTKIMUSTULOKSET TASON VALAISTUSSUUNNITELMASTA	
LIITE C HYBEX-KATTILA	
LIITE D RECOX-KATTILA	

MÄÄRITELMIÄ:

Tässä tutkintotyössä kaikkien käytettyjen standardien oleelliset määritelmät poimittiin määräyksiin kuuluvat seuraavasti:

Ajoittain toimiva turvavalaisin

Valaisin, jossa lamput ovat toiminnassa vain silloin, kun normaalin valaistuksen syöttö menee epäkuntoon.

Avoimen alueen valaistus

Tämän tarkoituksena on vähentää paniikin todennäköisyyttä ja mahdollistaa rakennuksessa olevien henkilöiden turvallinen poistuminen luomalla sopivat näkyvyysolot poistumisreitille ja valaisemalla kaikki kulkuun vaikuttavat esteet.

Avoin alue (joissakin maissa paniikin esto)

Määrittämättömän poistumisreitien alueet eteistiloissa tai tiloissa, jotka ovat lattiapinta-alaltaan suurempia kuin $60 m^2$ tai pienemmät alueet, mikäli on lisävaaratekijä, kuten suuret ihmisjoukot.

Häikäisysojakulma

Kulma, jonka muodostavat vaakataso ja suora, joiden suunnassa lampun valaisevat osat alkavat näkyä valaisimessa.

Jatkuvatoiminen turvavalaisin

Valaisin, jossa turvavalaisuksen lamput ovat kytkettyinä jännitteeseen aina, kun tarvitaan normaalia valaistusta tai turvavalaisusta.

Nimellinen toiminnan kestoaika

Valmistajan ilmoittama aika, jona nimellistä turvavalaisuksen lumentehoa (valovirtaa) tuotetaan.

Näyttöpäätte

Alfanumeeristen tai graafisten merkkien esittämiseen käytetty päätte.

Poistumisreitti

Reitti, joka on osoitettu poistumiseen turvalliseen paikkaan hätätilanteessa.

Riskialttiin työalueen valaistus

Tarkoituksena on varmistaa työntekijöiden turvallisuus, jotka työskentelevät tilassa, jossa valaistuksen katkeaminen aiheuttaa vaaratilanteen, ja varmistaa laitteiden hallittu pysäyttäminen.

Sisäpuolisesti valaistu turvallisuuskilpi

Kilpi, joka valaistaan tarvittaessa sisäpuolisen valonlähteen avulla.

Stroboskooppi-ilmiö

Valon välkkymisestä tietyllä taajuudella aiheutuva harhailmiö, joka saattaa aiheuttaa vaaratilanteita, koska se saa pyörivien tai edestakaisin liikkuvien koneiden liikkeen näyttämään todellista hitaammalta tai pysähtyneeltä.

Työalue

Se osa työalueesta, jossa näkötehtävä suoritetaan. Mikäli tämä on tuntematon, on valittava alueeksi koko se alue, jolla työ voidaan suorittaa.

Uloskäytävä (hätäuloskäynti)

Ulosjohtava tie, joka on tarkoitettu käytettäväksi hätätilanteen aikana.

Ulkopuolisesti valaistu turvallisuuskilpi

Kilpi, joka valaistaan tarvittaessa ulkopuolisen valonlähteen avulla.

Välitön ympäristö

Näkökentässä oleva työaluetta ympäröivä vähintään 0,5 metrin levyinen kaista.

Valaistusvoimakkuuden huoltoarvo (E_m)

Arvo, jonka alle määrätyn alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea.

HUOM. Tällä tarkoitetaan keskimääräistä valaisuvoimakkuutta ennen huoltoa.

Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuus

Pinnan minimivalaistusvoimakkuuden suhde keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen.

1 JOHDANTO

Tämä työ on raportti Metso Power Oy:lle tehdystä kattilarakennuksen valaistuksen suunnitteluohjeesta. Kattilarakennuksella tarkoitetaan voimalaitoksen rakennusta, jossa varsinainen kattilalaitos sijaitsee. Kattilarakennukset ovat useita kymmeniä metrejä korkeita ja niissä on kymmenkunta erimuotoista operointiin ja työntekoon tarkoitettua ritilätasoa.

Yritykselle kootulla suunnitteluohjeella on tarkoitus kerätä yhteen pakettiin tarpeelliset tekniset tiedot projektien valaistuksesta vastaaville henkilöille ja määrittellä yrityksen yleiset pelisäännöt suunnittelijoille tulevia projekteja varten.

Työn varsinainen tilaaja oli Kvaerner Power Oy, joka kuului Aker Kvaerner-konserniin. Kvaerner Power Oy:n tuotteina ovat kattilalaitokset joko puhtaasti energiantuotantoon ja/tai paperiteollisuuden lipeän käsittelyyn sekä laitosten huoltopalvelut. Vuoden vaihteessa 2006 – 2007 toteutuneessa kaupassa Kvaerner Power Oy siirtyi Metso-konsernin alaisuuteen ja nimeksi tuli Metso Power Oy. Nykyisen Metso Power Oy:n liikevaihto on noin 500 miljoonaa euroa vuodessa ja se työllistää 1600 ihmistä, joista noin puolet työskentelee Suomessa. MPOY:llä on neljä päätoimipaikkaa, jotka sijaitsevat Tampereella, Göteborgissa Ruotsissa, Charlottessa Yhdysvalloissa ja Curitibaassa Brasiliassa. Omia valmistusyksiköitä on viisi, jotka sijaitsevat Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Myynti- ja suunnittelutoimistoja on jokaisessa maanosassa ja ne ovat täysin miehitettyjä. Skandinavian ja Euroopan lisäksi päämarkkina-alueita ovat Pohjois- ja Etelä-Amerikka sekä Kaakkois-Aasia.

2 VALAISTUKSEN VAATIMUKSET

Työskentelyalueen valaistuksen tulisi täyttää standardeihin sille asetetut vaatimukset. Keskeisimmät säännöt työalueiden valaistuksen toteutukseen Euroopan alueella sanelee EN-12464-1 /4/. Koska Metso Power Oy:llä on monia asiakkaita, jotka tästä huolimatta haluavat vedota kansallisiin standardeihin, on valaistuksen suunnittelussa varauduttava kansallisiin poikkeuksiin. Esimerkiksi ruotsalaiset asiakkaat haluavat usein vedota valaistuksessa Ruotsin teollisuuden standardiin SSG 4451 /12/. Pohjois-Amerikkaan toimitettavaa valaistussuunnitelmaa varten kannattaa valaistussuunnittelijan tutustua pohjoisamerikkalaiseen standardiin ANSI RP-7-01 /1/.

Valaistusstandardeissa /1, 2, 4, 6-8, 12/ on määräyksien lisäksi ohjeita valaistussuunnittelusta. Erityisesti pohjoisamerikkalaisessa standardissa /1/ on runsaasti yleisiä neuvoja suunnitelmien tason nostamiseksi.

2.1 Työalueiden valaistus

Valaistussuunnittelijan tulee tarkasti ottaa huomioon standardi EN 12464-1 suunnitelmaa tehdessään. Kyseinen standardi on CENin (European Committee for Standardization) teknisen komitean valmistama Euroopan alueella velvoittava valaistusstandardi, joka perustuu kansainväliseen standardiin ISO 8995. Tällä standardilla on tarkoitus määritellä valaistukselle määrälliset ja laadulliset vaatimukset sisätilojen työpaikoille ja niiden lähialueille.

2.1.1 Standardien laajuus

Työalueita koskevilla standardeilla /2, 4/ määritellään valaistukselle määrälliset ja laadulliset vaatimukset sisätilojen työpaikoille ja niiden lähialueille. Työalueiden standardien /2, 4/ vaatimuksien täyttämisen tarkoituksena olisi tarkoitus aikaansaada toimiva valaistusratkaisu, jolla saadaan kolme perustarvetta täytettyä. Nämä kolme perustarvetta ovat näkömukavuus, näkötehokkuus ja turvallisuus. Näkömukavuudella aikaansaadaan työntekijöille miellyttävä työympäristö, mikä vaikuttaa epäsuorasti korkeaan tuottavuuteen. Näkötehokkuudella varmistetaan, että työntekijät pystyvät

suoriutumaan näkötehtävästään erilaisissa olosuhteissa pitkien jaksojen ajan.

Työtehtävän turvallisuuden huomioon ottaminen taas on selviö kaikkien kohteiden suunnittelussa. Näköympäristöstä standardit /2, 4/ määrittelevät tärkeimmiksi tekijöiksi valaistusvoimakkuuden, luminanssijakauman, häikäisyn, valon suuntauksen, valon värin ja sen toisto-ominaisuuden, välkynnän ja päivänvalon.

2.1.2 Valaistusvoimakkuus ja sen vaikutukset

Työalueella ja sen lähiympäristössä valaistusvoimakkuudella ja sen jakaumalla on merkittävä vaikutus siihen, miten nopeasti, turvallisesti ja mukavasti työtehtävät on mahdollista suorittaa. Tässä standardissa esitetyt työalueiden valaistusvoimakkuuden vaatimukset ovat huoltoarvoja, joiden alle keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea. Työalueiden tarkastelutasot voivat olla työtehtävän mukaisesti vaakasuoria, pystysuoria tai kaltevia. Standardiin määriteltyjen näköolosuhteiden vaatimuksiin on huomioitu tekijöiksi näkömukavuus ja hyvinvointi, näkötehtävän vaatimukset, näköergonomia, käytännön kokemus, turvallisuus ja taloudellisuus.

Valaistusvoimakkuuksille on laadittu standardeihin valaistuksen voimakkuuden asteikko (yksikkönä lx):

20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 - 5000.

Standardien mukaisesti määrättyä asteikon arvoa tulisi noudattaa, mikäli näköolosuhteet eivät poikkea tavanomaisesta. Valaistusvoimakkuuden arvoa on sallittua suurentaa, kun näkötehtävä on tärkeä, yksityiskohtainen, pitkäaikainen tai työssä on alhainen kontrasti. Pienempi valaistusvoimakkuus näkötehtävässä on sallittua, kun kohde on suuri, kontrastit ovat korkeat tai työtehtävä on lyhytaikainen.

Työalueen valaistuksen on siis noudatettava vähintään ISO 8995:n vaatimuksia valaistusvoimakkuudesta. Valaistuksen loppukäyttäjä voi kuitenkin vaatia noudatettavaksi myös kansallisten standardien /1, 12/ vaatimuksia. Taulukkoon 2.1 on kerätty työhön olennaisten valaistusvoimakkuusvaatimusten eroavaisuudet.

Taulukko 2.1 Valaistusvoimakkuuden eroavaisuudet eri standardien välillä /1, 4, 12/

Kategoria	Tila, tehtävä tai toiminta	SFS-EN 12464-1 [lx]	SSG 4451 [lx]	ANSI RP- 7-01 [lx]
Liikennealueet	Liikennealueet ja käytävät	100	20	
Liikennealueet	Portaikot, liukuportaat, kuljettimet	150	-	
Liikennealueet	Ajoliuskat, lastausalueet	150	80	
Lepohuoneet yms.	Kahvihuoneet	200	400	100
Lepohuoneet yms.	Vaatehuoneet, pesutilat, WC	200	300	
Valvomot	Talotekniset huoneet, sähkötilat	200	300	300
Varastot yms.	Varastotilat	100	500	150
Varastot yms.	Varastorakennus	-	200	
Kemian teollisuus yms.	Kauko-ohjatut prosessit	50	-	
Kemian teollisuus yms.	Prosessit, joissa käsin ohjaus satunnaista	150	-	
Kemian teollisuus yms.	Prosessiteollisuuden jatkuvasti miehityt työpaikat	300	200	
Voimalaitokset	Polttoainekenttä	50	-	10
Voimalaitokset	Kattilarakennuksen tasot	100	200	200
Voimalaitokset	Kattilarakennuksen pohjakerros	-	300	
Voimalaitokset	Konehallit	200	500	
Voimalaitokset	Aputilat, esim. pumppuh. jne.	200	300	200
Voimalaitokset	Valvomot	500	500	500
Voimalaitokset	Kytkinlaitteet ulkona	20	-	20
Toimistot	Toimistot yleisesti	500	700	-
Lx-tasot huoltoarvoja, joiden alle keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea				

Yleisenä sääntönä on pidettävä sitä, että kaikilla jatkuvasti miehityillä työtasoilla tulee valaistusvoimakkuuden olla vähintään 200 luksia. Välittömän lähiympäristön valaistukseen tulisi myös kiinnittää huomiota, jotta vältettäisiin suuria luminanssien vaihteluja, jotka aiheuttavat näköväsymystä, epämukavuuden tunnetta ja pahimmassa tapauksessa voivat estää kohteiden näkyvyyden.

2.1.3 Luminanssijakauma ja kiusahäikäisy

Luminanssijakauma määrää silmien sopeutumisen näkökenttää. Tasainen valonjakauma edistää näkö tarkkuutta ja kontrastiherkkyttä. Tämä on merkittävä osa näkömukavuutta, joten suunnittelussa tulisi pyrkiä mahdollisimman tasaiseen valonjakoon. Epätasainen valonjako aiheuttaa häikäisyä. Alhaiset luminanssit ja alhaiset luminanssikontrastit tekevät työympäristöstä yksitoikkoisen. Liian suurilla kontrastieroilla taas aiheutetaan

näköväsymystä silmien jatkuvan sopeutumistason muuttumistarpeen takia.

Valaistusvoimakkuuden tasaisuuden on oltava vähintään 0,7 työalueella ja 0,5 sen välittömässä lähiympäristössä /2, 4/.

Kaikkiin suunnittelukohteisiin tulee ottaa huomioon pintojen luminanssit, jotka määräävät pinnan heijastussuhteen ja vaikuttavat valaistusvoimakkuuteen. Standardeissa SFS-EN 12464-1 ja ISO 8995 on annettu yleispätevät heijastussuhteiden käyttöarvot pääasiallisimmille huonepinoille:

- Katto: 0,6...0,9
- Seinät: 0,3...0,8
- Työtasot: 0,2...0,6
- Lattia: 0,1...0,5

Mikäli tilassa on epätasainen valonjakauma, syntyy voimakkaasti valaistuista kohdista tai valaisimista häikäisyä. Häikäisyn rajoittamiseen on kiinnitettävä huomiota, jotta pystymme ehkäisemään virheitä, väsymystä ja tapaturmia. Näitä arvoja ei saa työpisteen valaistus ylittää. Standardissa /4/ on annettu hyvät yleiset peruslähtökohdat kiusahäikäisyn rajoittamiseksi.

2.1.4 Värilämpötila ja värintoisto

Valkoista valoa tuottavan lampun väriominaisuuksia kuvaa sen kyky toistaa värejä ja sen oma värivaikutelma. Lampun värivaikutelmalla tarkoitetaan sen säteilevän valon näkyvää väriä. Sitä kuvataan värilämpötilalla (T_{CP}), jonka yksikkö on [K]. Värivaikutelman valinta tulisi perustua käytännössä siihen, mikä näyttää tilassa luonnolliselta, ja minkälainen tilavaikutelma pyritään luomaan.

Lampun värivaikutelma voidaan jakaa kolmeen ryhmään /4/:

Lämmin	< 3300 K
Neutraali	3300...5300 K
Kylmä	> 5300 K

Näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin kannalta on tärkeää, että ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon väri toistuu luonnollisena tavalla, joka saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä. Turvavärien tulee aina toistua oikein.

Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien ilmaisemiseksi on kehitetty yleinen värintoistoindeksi R_A . Värintoisto indeksin skaala on nolasta sataan. Indeksien arvo on sitä pienempi, mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet ovat.

Tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti, on käytettävä lamppuja, joiden värintoistoindeksi vähintään 80. Jotta turvavärit saadaan toistumaan oikein, tulee työalueilla käyttää valaisimia joiden värintoisto on vähintään 40.

2.1.5 Stroboskooppi-ilmiö ja välkyntä

Työalueiden standardissa /4/ mainitaan ja kielletään stroboskooppi-ilmiöiden esiintyminen työalueilla. Syyksi mainitaan vaaratilanteiden fysiologiset vaikutukset, kuten päänsärky. Stroboskooppi-ilmiö on harvinainen, mutta se luo ilmentyessään vaaratilanteen, kun pyörivä tai edestakaisin liikkuva laite näyttää pysähtyneeltä tai liikkuvan hitaasti valaistuksen välkyntätaajuuden takia. Tämä ilmiö on otettava huomioon erityisesti koneiden valaistusta suunniteltaessa /6/.

2.2 Valaisimien suojaukset ja Ex-määräykset

Valaisimien on oltava tarkoitettuun tilaan sopivat. Valaisimien valinnassa on huomioitava valaisimien koteloitiluokat, suojausluokitukset ja tarvittaessa Ex-määräykset. SFS-käsikirjaan sisällytyissä standardeissa /10, 9/ on määritelty vaatimukset räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteille. Yleiset suojausmääräykset on määritelty standardikokoelmassa SFS 6000 /11/.

2.2.1 Koteloitiluokitukset

Valaisimien ja muiden sähkölaitteiden koteloitiluokitus määritellään kansainvälisellä IP-luokituksella. IP-luokituksessa ensimmäinen numero viittaa laitteen suojaukseen

ulkoisia objekteja vastaan ja toinen numero viittaa laitteen kosteuden kestävyysluokkaan. IP-luokitukset ovat seuraavat:

- IP 2X, kosketussuojainen (esim. sormi)
- IP 3X, kosketussuojainen (esim. työkalu)
- IP 4X, kosketussuojainen (esim. lanka)
- IP 5X, pölysuojainen
- IP 6X, pölyn pitävä
- IP X0, suojaamaton
- IP X1, tippuveden pitävä
- IP X3, sateen pitävä
- IP X4, roiskeveden pitävä
- IP X5, suihkuveden pitävä
- IP X6, suojattu aallokkoa vastaan
- IP X7, 1 m veden pinnan alla

2.2.2 Suojausluokat

Valaisimet luokitellaan muiden sähkölaitteiden mukaan suojausluokkiin 0, I, II ja III /10/. Suojausluokat koskevat lähinnä valaisimien tapaa hoitaa vikatilanteiden suojaus. Yrityksen toimittamissa valaistustoteutuksissa käytetään yleisesti luokan I valaisimia /3/, mutta valaistuksen suunnittelijan on oltava selvillä luokkien merkityksestä.

2.2.3 Valaisimien Ex-luokitukset

Räjähdyksenvaarallisissa tiloissa tulee sähkölaitteiden täyttää standardien /5, 9/ mukaiset Ex-vaatimukset. Räjähdyksenvaaralliseen tilaan valittavien valaisimien on oltava CE-testattuja, kyseisen tilaluokituksen täyttäviä valaisimia. Räjähdyksenvaarallisten tilojen sähkölaitteet jaetaan kahteen pääryhmään I-luokitus kaivosympäristöön ja II-luokitus muihin Ex-tiloihin. Tilaluokitukset jakautuvat räjähdyksenvaarallisten aineiden esiintymistiheyden ja määrien mukaisesti. Tilaluokitukset ovat /5, 9/ 0,1 ja 2 ilman ja kaasun, höyryn tai sumun seoksen esiintymistiheyden mukaisesti ja 20, 21 ja 22 ilman ja palavan pölyn muodostaman seoksen esiintymistiheyden mukaisesti.

Räjähdyksenvaaralliseen tilaan valittavasta valaisimesta on tarkistettava valaisimen pintalämpötilan soveltuvuus sekä ilmassa leijuvaa seosta että pinnalle kertyvää pölyä varten.

Projektien tilaluokitusten laadinta ei yleensä ole valaistussuunnittelijan tehtävä, mutta valaistussuunnittelijan on otettava tilaluokitukset huomioon valaistussuunnitelmassaan. Ex-luokitukset rajoittavat valaisinvalintaa kotelointisuojausten ja valaisimien pintalämpötilan suhteen.

2.3 Valaistuksen käyttöönottotarkastukset

Valaistusjärjestelmän asentaneen urakoitsijan on varmistettava toimitettavan järjestelmän vaatimuksenmukaisuudesta. Toimitettavien sähköjärjestelmien on vastattava kansainvälisiin standardeihin (standardisarja IEC 60364) perustuvan suomalaisen standardin SFS 6000 vaatimuksia. Asennettu valaistus tulee todentaa Suomessa vähintään standardin SFS 6000-6 /11/ mukaisesti. Asennetusta valaistuksesta on todennettava lisäksi toteutuneen valaistuksen määräykset /4/ ja turvavalaisuksen määräykset /8/.

2.4 Turvavalaisuus

Turvallisuus on yksi tärkeimmistä huomioitavista tekijöistä suunniteltaessa työalueen valaistusta. Sen lisäksi, että työtehtävät ovat suoritettavissa turvallisesti työpisteissä, on varauduttava tilanteisiin, joissa valaistuksen syöttö häiriintyy. Tämänkaltaisiin tilanteisiin valtaosan säännöistä Euroopan alueella sanelevat standardit EN-1838 turvavalaisuksesta /7/ ja EN-50172 poistumisvalaistusjärjestelmistä /8/. Turvavalaisuus käsitteenä sisältää varavalaisuksen ja poistumisvalaistuksen.

2.4.1 Poistumisvalaisuus

Poistumisvalaistuksella tarkoitetaan valaistusta, jolla varmistetaan henkilöiden turvallinen poistuminen tilasta ja ohjataan ihmiset ulos tai tietyille kokoontumispaikoille. Käsite poistumisvalaisuus voidaan vielä jakaa poistumisreitivalaistukseen, johon sisältyy avoimen alueen valaisuus, ja riskialttiin työalueen valaistukseen.

2.4.1.1 Poistumisreittivalaistus

Poistumisreittivalaistuksella on tarkoitus valaista ja osoittaa poistumisreitti. Normaalin valaistuksen sähkönsyötön häiriintyessä tulee poistumisreitillä keskilinjalla olla vähintään 1 lx. Poistumisreitillä keskilinjalla suurimman valaistusvoimakkuuden suhde pienimpään ei kuitenkaan saa olla suurempi kuin 40:1 /7/.

Standardeissa /7, 8/ on lukuisia vaatimuksia ja ohjeita poistumisreittivalaistuksen järjestämiseksi. Laadukkaaseen valaistussuunnitelmaan tulee suunnitella poistumisreitti ja sille riittävä, varmennettu valaistus.

Poistumisreitillä suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös mahdollisten avoimien alueiden valaistus, jolla estetään paniikin syntyä. Tarkemmat asetukset avoimen alueen turvavalaisukselle on esitelty standardissa EN-1838 /7/.

2.4.1.2 Riskialttiin työalueen valaistus

Riskialttiilla työalueella tarkoitetaan liikkuvien laitteiden luomaa tilannetta, jossa normaalin valaistuksen syötön katkeaminen aiheuttaa vaaratilanteen. Riskialttiilla työalueella on oltava normaalin valaistuksen katketessa ainakin 10 %:n valaistusvoimakkuus normaalista työhön tarkoitettua valaistusvoimakkuudesta, kuitenkin valaistusvoimakkuuden on oltava vähintään 50 lx.

2.4.2 Varavalaistus

Varavalaistus on turvavalaisuksen osa, jolla on tarkoitus taata normaali toiminta oleellisesti muuttumattoman normaalin valaistuksen syötön häiriintyessä.

Mikäli varavalaistus on alhaisempi kuin työhön vaadittava valaistusvoimakkuus, tulee valaistusta käyttää vain prosessien alasajoon /7/. Jos varavalaistusta on tarkoitus käyttää poistumisvalaistukseen, tulee sen täyttää poistumisvalaistukselle määritellyt vaatimukset.

3 KATTILARAKENNUKSET

Nykyinen Metso Power OY tunnettiin vuodenvaihteeseen 2006–2007 nimellä Kvaerner Power Oy, joka kuului Aker Kvaerner-konserniin. Tutkintotyötä tehtäessä Metso Power Oy siirtyi Metso-konsernin omistukseen.

Tutkintotyötä tehtäessä yrityksellä eli nykyisellä Metso Power Oy:llä on kolme erilaista kattila-tuotetta:

1. **HYBEX-kerrosleijukattiloissa** toteutetaan BFB-teknologiaa (Bubbling Fluidized Bed). Polttoaineena voidaan käyttää biomassaa, liejua tai kierrätyspolttoaineita. Kattilan lämpökapasiteetti on 20 – 300 MWth /liite C/.
2. **CYMIC-kiertoleijukattiloissa** toteutetaan CFB- teknologiaa (Circulating Fluidized Bed). Polttoaineena voidaan käyttää biomassaa, hiiltä tai kierrätyspolttoaineita. Kattilan lämpökapasiteetti on 50 – 600 MWth.
3. **RECOX-soodakattilan** toiminta perustuu mustalipeän polttamiseen ja kemikaalien talteenottoon. Kemikaalien talteenotto lisää tuotannon tehokkuutta sekä helpottaa paperitehtaan veden ja lipeän kiertokulussa. Kattilan kapasiteetti voi olla jopa 6000t ds/d /liite D/.

Hybex- ja Cymic-tuotteet on tarkoitettu puhtaasti voimantuotantoon, ja Recox on tarkoitettu lähinnä sellulaitoksille lipeän käsittelyä varten ja tehtaan omaa voimantuotantoa varten.

3.1 Kattilarakennuksen yleiskuvaus ja rakenne

Tutkintotyössä tutkittiin kattilarakennusta valaistuskohteena ja perehdyttiin toteutettuihin projekteihin, jotta niissä hyväksi havaitut ratkaisut saataisiin hyödynnettyä tulevaisuudessa.

Kattilarakennuksella tarkoitetaan tässä työssä voimalaitoksen rakennusta, jonne varsinainen kattilalaitos on tarpeellisine laitteineen sijoitettu. Kattilarakennus on 20 m -

80 m korkea rakennus, jossa sisällä on useita ritilällisiä huolto- ja käyttötasoja eri korkeuksilla.

Liitteet C ja D ovat 3D-mallinnettuja kattilarakennuksia. Kuvista on riisuttu ulkokuoret pois, jotta laitoksen rakenne käy paremmin ilmi. Kattilatoimituksia on tehty myös lämpimiin maihin kuorettomina tai läpinäkyvillä kuorilla. Itse tulipesä on molemmissa edellä mainituissa liitteissä punaiseksi mallinnettujen putkistojen sisällä. Varsinainen poltto tapahtuu tulipesän sisällä kunkin tuotteen omalla polttotavalla, ja tuotettu energia siirretään kattilaa vedellä ympäröivissä putkistoissa. Liitteet kuvaavat hyvin tyypillistä rakennetta kattilarakennuksesta.

Kattilalaitoksen toteuttava prosessi on monivaiheinen. Liitteessä A esitetyt kookkaat säiliöt kuvassa keskellä oikealla ovat tyypillisen kattilakompleksin polttoainesiilot, joista kiinteä polttoaine (esimerkiksi turve) syötetään kattilan tulipesään. Keskellä liitettä A sijaitsee syöttövesisäiliö, josta vettä johdetaan muun muassa kattilarakennuksen yläosassa sijaitsevaan lieriöön. Tässä lieriössä hoidetaan osa vedenkäsittelystä ja vettä ohjataan laskuputkia pitkin tulipesän seinäputkiin höyrystettäväksi. Höyrystetty vesi ohjataan jälkikäsittelyyn, toiseen kiertoon tulistimille ja voimantuotantoon.

Kattilarakennuksen tasot ovat yleisesti nähtävissä liitteissä C ja D. Nämä tasot ovat käytännössä aina ritilätasoja. Kuten liitteissä C ja D on havaittavissa, ovat jotkin tasoista toistensa kaltaisia ja osassa vaihtelee ritilätasojen rakenne hyvin paljon.

Kattilarakennuksen tasoilla ei ole säännöllisesti miehitettyjä työpisteitä, mutta tasoilla käy henkilökunta päivittäin tarkistamassa mittarilukemia ja ottamassa näytteitä tai tarvittaessa poistamassa tukkeumia kuljettimilta.

3.2 Kattilarakennus valaistussuunnittelukohteena

Kattilarakennuksen sisätilat on käsiteltävä suunnittelukohteena teollisuustilana. Sisätilat ovat asuin- tai kiinteistötiloja likaisempia, ja tähän on suunnittelijan varauduttava riittäväillä kotelosuojauksilla.

Alueelle valittavien valaisimien on siis oltava kosketussuojattuina, ja roiskevedenpitäviä ja niiden on tarvittaessa täytettävä räjähdysvaarallisten tilojen vaatimukset. Valtaosa kattilarakennuksen räjähdysvaarallisista alueista muodostuu kattilan polttoaineen (esim. turve) ja ilman pölyseoksista. SFS 6000 /11/ mukaisesti sähkölaitteiden kosketussuojaus pitää yleisesti olla vähintään IP 2X-kotelointiluokan mukaisesti. Kattilarakennuksessa ei suoriteta päivittäistä siivousta ja kattilan nuohoimista sekä kuljettimista leviää ympäristöön pölyä, jonka pääsy valaisimiin tulee estää kotelointiluokalla IP 5X. Kattilarakennuksen alueilla, joissa huoltotöissä saattaa esiintyä roiskevettä, tulee valaisimien kotelointiluokan olla vähintään IP X4. Alueet, joissa pölyt tai kaasut luovat räjähdysvaarallisen tilan, on eritelty erilliseen tilaluokitus dokumentointiin. Näiden alueiden valaisimilla tulee olla Ex-kotelointisuojaus ja riittävän alhainen pintalämpötila.

Kattilarakennus on hankala valaistussuunnittelukohde sisäisen rakenteensa vuoksi. Yhden kattilarakennuksen ritilätasot ovat keskenään erimuotoisia, mutta pääpiirteiltään ne ovat hyvin samankaltaisia. Jokaisen kattilarakennuksen tason läpi menee putkia ja tukipilareita, kattila, tasoilla on säiliöitä ja tasojen korkeuserot saattavat vaihdella paljon.

Yleisvalaistus on yleensä asennettu tasoille ripustettuna tai pinta-asennettuna joko kaapelihyllyihin tai ritilätasojen tukeviin palkkeihin. Osa valaistuksesta saattaa olla asennettuna myös pinta-asennuksin seiniin tai kattoon.

Ritilätasojen valaistuksen toteutus on vaihdellut paljon eri projekteissa. Valaistus on projekteissa yleisesti toteutettu joko suurpainenatriumvalaisimilla tai loistevalaisimilla. Valaistustoteutuksissa on paljon vaihtelua, koska aikaisemmin ei ollut ennalta määriteltyjä toimintatapoja, ja usein asiakkailta on omia vaatimuksia esimerkiksi valaisinten valinnan suhteen. Asiakkaiden valaistustason vaatimukset ovat vaihdelleet paljon projektien välillä. Joidenkin kattilarakennuksien tasot on suunniteltu hieman alle 200 luksin tiloiksi ja eräissä projekteissa asiakas on toivonut jopa 400 luksin valaistusta toteutettavaksi. Vaadittavan valaistustason mitoituskorkeutta ei kuitenkaan ennen tätä työtä ollut yleisesti sovittu, vaan projektien valaistuksien suunnitelmien mitoituskorkeus on määritellyt projekteittain joko sopimus tai suunnittelija itse viitaten esim. Suomen Valaistusteknisen Seuran suosituksiin /3/.

4 KATTILARAKENNUKSEN VALAISTUKSEN SUUNNITTELUOHJE

Kattilarakennuksen valaistuksen toteutus etenee projektissa muun sähköistyksen ohella. Valaistuksen suunnitteluohjeella on tarkoitus varmistaa tasokkaan valaistuksen toteutus yrityksen tuleviin projekteihin. Tämä ohje on tarkoitettu yrityksen omaan käyttöön kaikille kattilarakennuksen valaistusprojektiin osallistuville. Valaistuksen suunnitteluohjeeseen kerättiin sekä yleistä tietoa valaistuksen suunnittelusta että ohjeita valaistuksen suunnittelijalle. Ohjeen teoriaosuuteen on kerätty tietoa myös tarjouksen suunnittelijoille ja sopimuksen laadintaan osallistuville. Kattilarakennuksen valaistuksen suunnitteluohje on liitteenä A.

4.1 Valaistuksen suunnitteluohjeen sisältö

Valaistuksen suunnitteluohje on rakennettu mukailien projektin etenemistä. Suunnitteluohjeen alkuun kerättiin paljon yleistä tietoa. Yleisen teorian tulisi olla projektin valaistussuunnittelijan tiedossa, mutta tarvittaessa aihe on mahdollista kerrata laaditusta ohjeesta.

Valaistuksen suunnitteluohje jaettiin seuraaviin pääkappaleisiin:

1. Laajuus ja tekniikka
2. Perussuunnitteluohje
3. Hankintaerittely
4. Asennussuunnittelu
5. Asennusohje
6. Asennustarkastusohje
7. Huolto-ohje

Valaistukseen liittyvä teoria kerättiin aiheeseen liittyvistä jo aiemmin mainituista standardeista /1, 2, 4-12/, ST-korttien suosituksista /13–15/, valmistajien ohjeista /16, 21, 22/ ja aikaisemmissa projekteissa hyviksi havaituista menetelmistä /3/. Valaistuksen suunnitteluohjeen liitteet sisälsivät luottamuksellisia tietoja, joten ne rajattiin pois tästä työstä.

4.2 Kattilarakennuksen mitoituspisteet

Kattilarakennuksen tasojen rakenne ja työtehtävien satunnaisuus ja lyhytaikaisuus luovat haastetta mitoituspisteiden määrittelyyn. Kattilarakennuksen valaistuksen mitoituksen ja testauksen yleistasoksi määriteltiin yrityksen sisäisessä palaverissa jokaisella tasolla kulkureittinä oleva ritilätaso. Lisäksi määriteltiin tälle tasolle oletuskorkeudeksi yhden metrin taso, jolla oletimme, että valtaosa näkötehtävistä suoritetaan. Nämä määrittelyt mitoitus- ja testautasosta otettiin yrityksen tuleviin projekteihin yleiseksi toimintatavaksi, joista poiketaan vain asiakkaan kanssa erikseen neuvoteltaessa.

Huomattavasti vaikeampi onkin etukäteen määrittellä pisteet, joissa on toteutettava työtasoja koskevia määräyksiä, kuten valonjaon tasaisuus. Kuten aikaisemmin mainittiin, on valtaosa kattilarakennuksessa suoritettavista töistä joko lyhytaikaisia tai satunnaisia. Asiasta konsultoitiin yrityksen käyttöpäalveluinsinööriä /19/ ja käsiteltiin asiat sähköistyksen osaston sisäisessä palaverissa. Määritellyt työalueet ovat lähinnä koneiden huolto- ja käyttöpisteitä. Kaikki työpisteet on kuitenkin määriteltävä jokaiseen projektiin erikseen. Suunnittelijan on selvitettävä sopimuksesta, layout-suunnittelijoilta tai vastaavalta käyttöpäalveluinsinööriltä, mitä työpisteitä on suunniteltavassa kattilarakennuksessa. Kun työalueet on määriteltä, tulee valaistussuunnitelmaan merkitä ne työalueiksi layout-suunnitelmien mukaisesti.

4.3 Kattilarakennuksien valaistustoteutukset

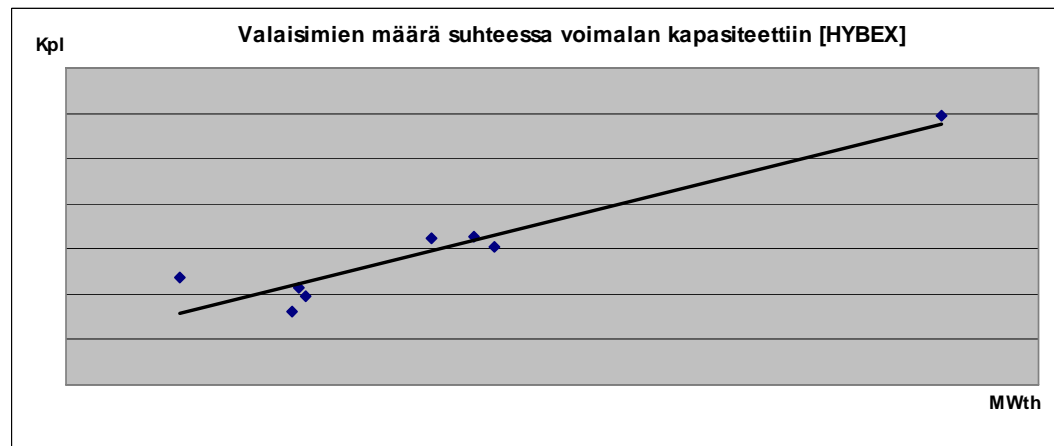
Suunnitteluohjeeseen pyrittiin sisällyttämään aikaisemmissa projekteissa hyviksi menetelmiksi havaitut tavat. Ohjetta varten kerättiin tietoja kaikista mahdollisista projekteista valaisinluetteloina, sopimuksina ja jopa valaistussuunnitelmina /3/. Kaikki tutkintotyöhön liittyvät toteutumätiedot on kerätty Kvaerner Power Oy:n toteuttamista projekteista. Valtaosa pohjatietojen keräämiseen käytetyistä projekteista oli aiemmin esiteltyjä Hybex-kerrosliejukattiloita. Projektien tietoja vertailtiin myös standardien vaatimuksiin.

4.3.1 Laitoksen kapasiteetin vaikutus valaisimien määrään

Suunnitteluohjetta varten rakennettiin taulukkopohjamalli, jolle kerättiin toteutettujen kattilaprojektien yleistietoja ja valaistusjärjestelmän oleelliset tiedot. Tällä taulukolla oli tarkoitus auttaa toteutumien suodatuksessa ja toimia vastedes tiedon keruun pohjana.

Taulukkoon merkittiin yleistietoina projektitietoja kattiloiden kapasiteeteista ja kattilarakennuksen tasojen pinta-aloista. Valaistusjärjestelmistä koottiin mm. käytetyt valaisintoimittajat, valaisintyypit ja valaisimien määrät eli kaikki oleellinen tieto, joka on valaisinluetteloissa. Tätä taulukkoa on tarkoitus käyttää ja kehittää tulevaisuudessa, jotta projektien valaistuksen toteutumia voidaan entistä tarkemmin seurata ja kustannuksien arviointia voidaan tarkentaa.

Lopputuloksena syntyi kaavioita, joista esimerkki on esitetty kaaviona 4.1, tällä kaaviolla on tarkoitus antaa käsitys eri tuotantokapasiteetin valaistusvaatimuksista. Kyseinen kaavio on kuitenkin lähinnä suuntaa antava, sillä siihen ei vielä saatu tarkennettua mitoitettun valaistustason merkitystä. /3/



Kaavio 4.1 Esimerkki kattilalaitoksen ja valaisinmäärän riippuvuudesta

4.4 Kattilarakennuksen turvavalistus

Kattilarakennuksen kaikki tasot ovat työalueita, joista ihmisten on päästävä turvallisesti ulos mahdollisen sähkökatkoksen tapahtuessa. Yrityksen toimittamille

valaistusjärjestelmille laadittiin säännöt turvavalaisuksen toteutuksesta aikaisemmin mainittujen standardien /7, 8/ mukaisesti, eli kaikille tasoille tulee suunnitella varmennetulla valaistuksella valaistu poistumisreitti, jolta on myös poistumisreittilkien oltava nähtävissä.

Riskialttiin työalueen valaistukseen tulee myös valmistua valaistusta suunniteltaessa. Standardien /7, 8/ vaatimukset lisättiin ohjeeseen. Riskialttiista työpisteistä konsultoitiin yrityksen käyttöpäalveluinsinööriä /19/. Ohjetta varten pohdittiin muutama esimerkki tilanteista, joissa tämäntyylinen vaaratilanne voisi esiintyä. Metso Power Oy:n panostus työturvallisuuteen on vähentänyt valaistusstandardien /7, 8/ määrittelemiä mahdollisia riskialttiita työalueita, mutta valaistussuunnittelijan on kuitenkin varauduttava niihin suunnitelmissaan.

4.5 Kattilarakennuksen esimerkkimitoitukset

Valaistuksen suunnitteluohjeeseen pyrittiin tekemään mahdollisimman yksiselitteiset ohjeet ja selittämään tilanteiden muutoksien vaikutukset. Valaistuksen suhteen oli siis selvitettävä tietoja, joita ei käytännöllisesti saatu selville toteutuneista projekteista. Merkittävimpiä näistä oli valaistustason muutoksen vaikutus valaisimien määriin ja valaisimien valinta suurpainenaatriumvalaisimien ja loistevalaisimien välillä. Epäselvien asioiden lisäksi mallinnuksessa pyrittiin saamaan tutkimustietoja parhaista tavoista soveltaa standardeja kattilarakennukseen ja parhaista puolista jo toteutetuista projekteista.

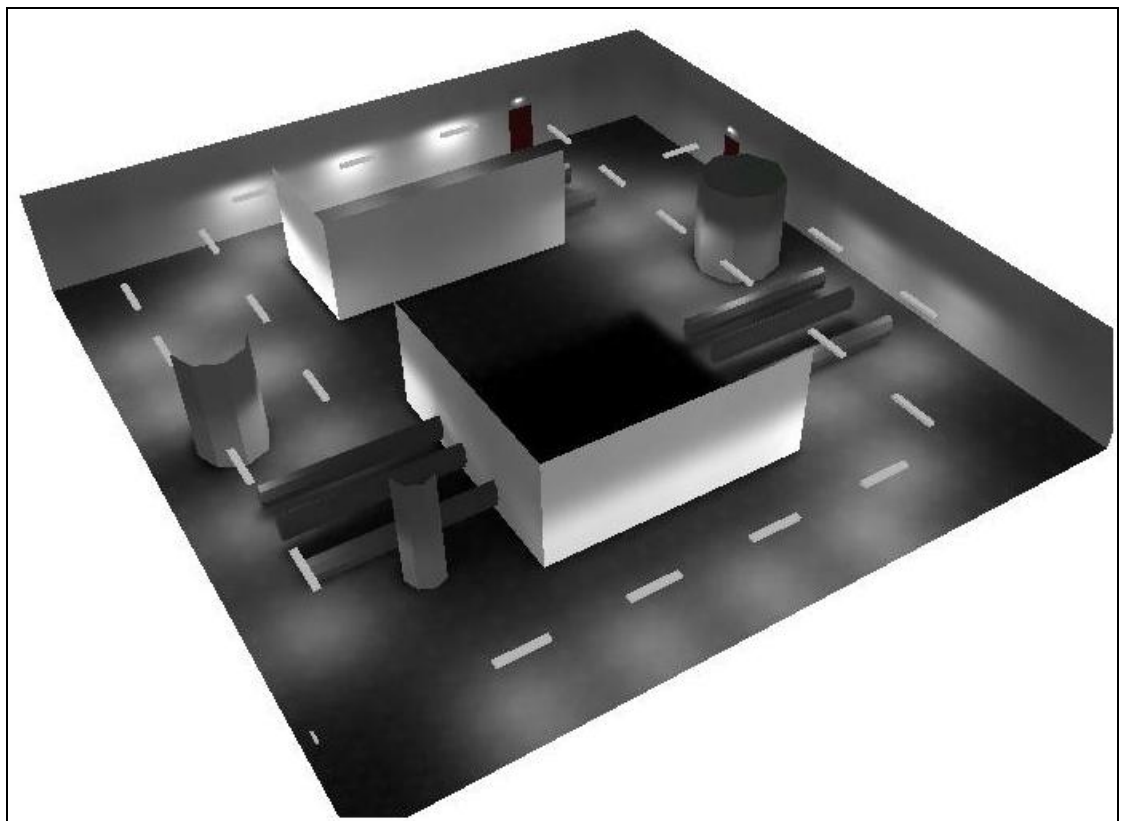
Kaikkia edellä mainittuja ongelmia tutkittiin Dialux -valaistussuunnitteluohjelmalla rakentamalla mitoituksilla. Pohjaksi valittiin erään hyvin tavanomaisen kattilarakennuksen pohjakuvan, jota mallinnettiin mahdollisimman tarkasti. Mallinnuksissa käytetty pohja oli yhden suunnitellun kattilarakennuksen korkeussuunnassa keskimmäisen tason pohjakuva. Mallinnukseen huomioitiin kaikki tavalliset läpimenevät putket ja valaistukseen oleellisesti vaikuttavat palkit.

Koska valaistukseen vaikuttavat huomattavasti myös pintojen heijastussuhteet, mitoitusmalliin valittiin arvot vertaamalla kappaleessa 3.2.3 esiteltyjä standardin /4/

suosittelemia heijastusarvoja valokuvaan useiden kattilaprojektien sisätiloista. Tuloksien simulointiin tehdyssä valaistussuunnitelmassa on käytetty seuraavia heijastusarvoja:

- Kattilan eristyspellitys: 0,8 (kirkas metalli)
- Seinille: 0,5 (vaalea betoni tai maalattu metalli)
- Lattia: 0,4 (metalli ritilä ja sen alla olevat metalliset rakenteet)
- Katto: 0,7 (osa ylemmän kerroksen valosta)

Valituilla heijastusarvoilla on tarkoitus mallintaa keskimääräisesti kattilarakennuksen olosuhteita. Heijastussuhteet saattavat vaihdella noin $\pm 10 - 20 \%$ projektikohtaisesti. Esimerkiksi kattilarakennuksen seinät on yleensä vaaleita, mutta maali tai pintamateriaali saattaa vaihdella. Lattian heijastusarvo saattaa olla todellisuudessa vielä heikompi kuin mallinnuksessa, jos alla ei olekaan rakenteita, joista valo voisi heijastua. Lattian heijastussuhteen laskeminen 0,1 pudottaa mallinnuksien valaistusvoimakkuutta hieman alle 10 %, eikä se vaikuta tuloksien keskinäisiin suhteisiin. Esimerkki yhden mallinnuksen lopputuloksesta on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1 kattilarakennuksen tason valaistuksen mallinnus

Tälle kyseiselle pohjalle mallinnettiin useita erilaisia malleja, joissa testattiin useita eri vaatimuksien toteutustapoja ja eri toteutustapojen etuja.

Simuloinnissa sijoitettiin lattiatason päälle 0,25 m korkeuteen tason kulkureittinä toimivan ritilän mukainen laskenta-alue. Mallinuksissa ei otettu huomioon mahdollisia työalueita. Mallimitoituksessa 700 m² pohjapinta-alaisessa kattilarakennuksessa oli yhden ritilätason pinta-ala noin 300 m².

Taulukko 4.1 keskeisimmät valaistusvaatimukset kattilarakennukselle /2, 4/

Kategoria	Tila, tehtävä tai toiminta	E _m [lx]	UGR	R _a
Liikennealueet	Liikennealueet ja käytävät	100	28	40
Liikennealueet	Portaikot, liukuportaat, kuljettimet	150	25	40
Valvomot	Talotekniset tilat, sähkötilat	200	25	60
Kemian teollisuus yms.	Prosessit, satunnainen miehitys	150	28	40
Kemian teollisuus yms.	Jatkuvasti miehitetyt työpisteet	300	25	80
Voimalaitokset	Kattilarakennus	100	28	40
Voimalaitokset	Konehallit	200	25	80
Voimalaitokset	Aputilat, pumppuh., jakokesk. jne.	200	25	60
Voimalaitokset	Valvomot	500	16	80

, jossa

E_m on keskimääräisen valaistusvoimakkuuden huoltoarvo (v)

UGR on kiusahäikäisyn maksimiarvo (f)

R_a on värintoistoindeksin minimiarvo

Kattilarakennuksen tason valaistuksen tulisi täyttää taulukkoon 4.1 tummennetut arvot. Valaistusvoimakkuuden keskiarvon ja kiusahäikäisyn arvoihin saavutetaan valaisin valinnalla ja tasaisella sijoittelulla ja värintoisto oikealla lamppuvalinnalla.

Valtaosassa mallinuksia käytettiin erään projektin tietojen perusteella valittua Thorn Lighting Limited -valaisinvalmistajan loistevalaisinta 7297d PC 2x58 W, joka on likaisiin teollisuustiloihin tarkoitettu T8-mallin IP-65 suojausluokkainen valaisin symmetrisellä valonjaolla. Valittujen loistelamppujen valovirta on 5200 lm, jonka aikaansaa esimerkiksi Osram:n valmistama Lumilux-lamppu (L 58W/840 FLH1) /25/. Suurpainenatriumvalaisimiksi mallinuksiin käytettiin useissa projekteissa käytettyä /3/ I-Valo Oy:n valmistamaa laajasäteilijää 6211. Eräiden riittävän värintoiston omaavien suurpainenatriumlamppujen (Master City White CDO-TT 100W/828) valovirta on 8700 lm /26/.



Kuva 4.2 Mallinnuksessa käytetty Thorn Lighting loistevalaisin 7297d /23/.



Kuva 4.3 Mallinnuksessa käytetty I-valon laajasäteilijä 6211 /22/.

4.5.1 Valaistustason vaikutuksesta valaistuskustannuksiin

Asiakkaiden vaatimukset tarvittavasta valaistustasosta vaihtelevat voimakkaasti. Tulevia projekteja varten oli tarpeellista selvittää valaistustason muutoksen vaikutusta valaisimien määrään ja täten myös valaistustason vaikutusta tehon kulutukseen. Valaistustasoista sopiminen ja sen vaikutuksien merkitys on ollut vaikeaa monessa projektissa. Hyvin usein asiakkailla on jonkinlainen vaatimus valaistustasosta, joko kokemukseräisesti tai aikaisempiin standardeihin perustuva. Vaadittavasta valaistusvoimakkuuden tasosta ei kuitenkaan aina ole selkeää käsitystä, mitä se tarkoittaa käytännössä. Tästä selvityksestä on varmasti hyötyä myös asiakkaille, jotka voivat säästää kustannuksissa käytännöllisemmällä valaistustasolla.

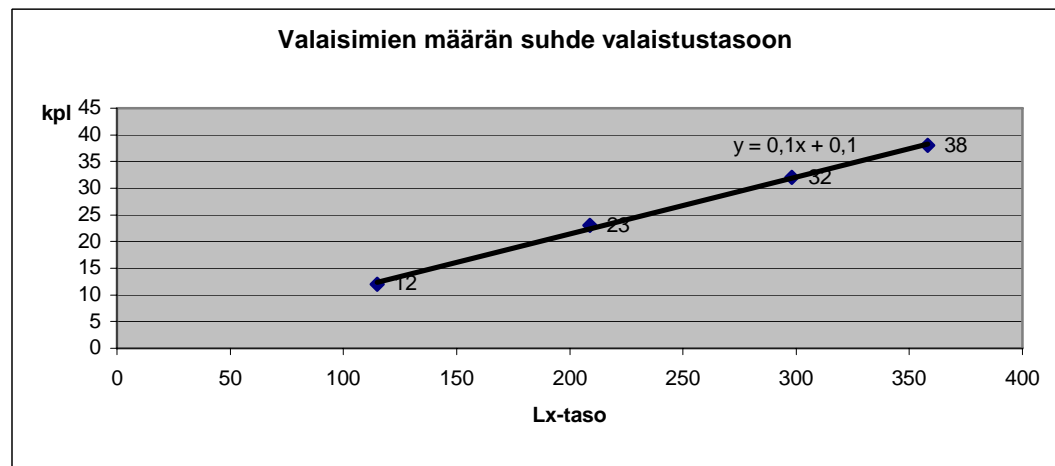
4.5.1.1 Valaistustasojen mallinnus

Valaistustaso tutkimuksissa mallinnettiin neljä tarkkaa valaistussuunnitelmaa valitulle kattilarakennuksen tasolle. Nämä neljä erosivat toisistaan vaaditussa valaistustasossa. Vaatimukset tasoille oli 100 lx, 200 lx, 300 lx ja 400 lx. Taso katsotaan saavutetuksi kun laskenta-alueen keskimääräinen valaistustaso ylittää vaaditun arvon. Esitietoina

mallinnuksissa käytettiin erään projektin asiakkaan vaatimuksia. Vaadituissa esitiedoissa oli valaisin (Thorn 7297d 2x58), valaisimien huoltokerroin (0,7) ja asennuskorkeutena loistevalaisimilla usein käytetty 2,5 metriä.

4.5.1.2 Tulokset

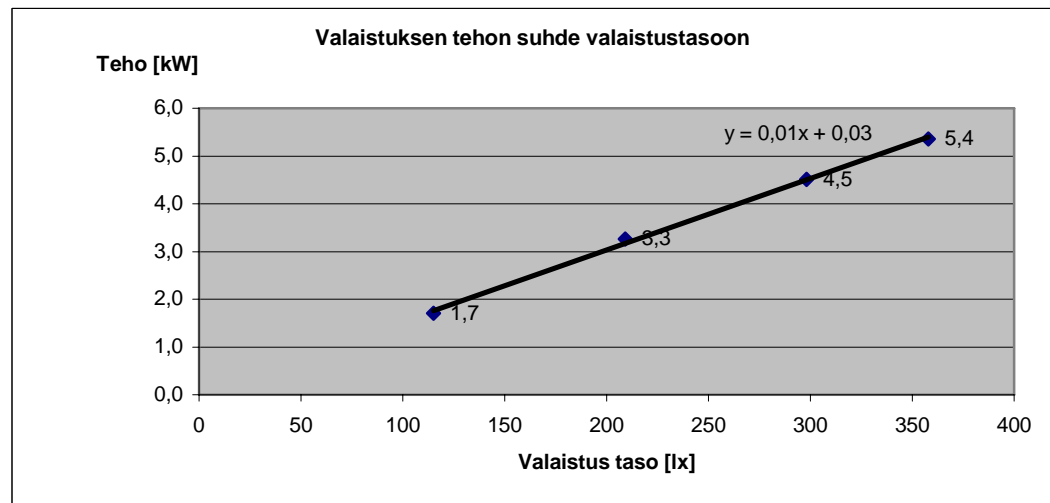
Keskimääräisten valaistustasojen saavuttamiseen tarvittavien valaisimien määriä vertailemalla pystyttiin kuvaamaan selkeän suhteen valaistustasojen ja valaisimien määrien suhteen (kaavio 4.2).



kaavio 4.2 Valaistustason vaikutus tarvittavien valaisimien määrään

400 lx-tason simuloinnissa 0,25 metriin asennettu laskentapinta olisi vaatinut kohtuuttoman määrän valaisimia, jotta 400 lx keskimääräinen valaistustaso olisi ylittynyt. Tästä syystä mallinnettiin vain 400 lx tason suunnitelma, jossa laskentapinta sijoitettiin metrin korkeuteen. Kaavioita 4.2 ja 4.3 varten 400 lx-tason todellinen valaistustaso 0,25 m korkeudella muunnettiin samaan laskentapintaan, jotta tulokset olisivat yhdenmukaisia.

Kaavioon 4.3 kuvaa valaisimien määrän vaikutusta niiden tarvitsemaan tehoon. Näiden tuloksien perusteella on syytä arvioida onko korkea valaistustaso sen investointien arvoista. Erityisesti kattilarakennuksessa, jossa kaikilla tasoilla ei ole säännöllistä miehitystä.



kaavio 4.3 Valaistustason vaikutus valaistuksen tarvitsemaan tehoon

Tarkemmat tulokset simuloinnista on liitteessä B.

4.5.2 Varmennetun valaistuksen mitoitus

Jo aikaisemmin mainituista standardeista /7, 8/ laadittiin tulevien projektien turvavalaisukselle säännöt. Jotta turvavalaisuksen tarve olisi arvioivissa jo projektin alkuvaiheissa, tuli selvittää arvioimisperusteet, joihin riittäisi jo ensimmäisten luonnosten tiedot.

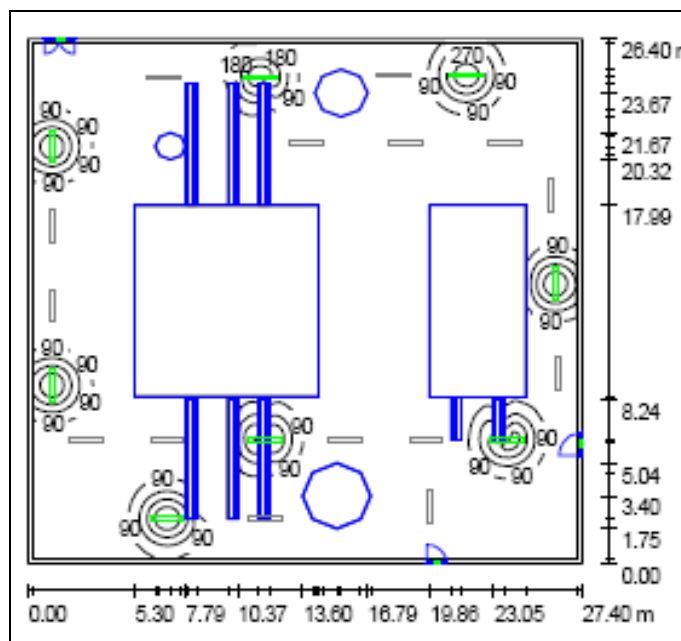
4.5.2.1 Turvavalaisuusmallinnukset

Turvavalaisuksen arviointiperusteita varten luotiin Dialux -ohjelmaan tasoon turvavalaisuussuunnitelma, jotka pyrittiin toteuttamaan standardin /7/ vaatimukset mahdollisimman vähällä määrällä valaisimia. Tämän mallinnuksen tulosta käytettiin pohjatietona seuraaviin mallinnuksiin.

Toiseksi lisättiin edellisen kappaleessa (4.1) esitettyihin suunnitelmiin hätävalaistustilanteen. Tilanteeseen määriteltiin ne valaisimet, jotka toimivat myös turvavalaisuksessa. Valaisimien sijoitusta ei tässä vaiheessa enää vaihdettu vaan testattiin, kuinka moni valaisin oli syötettävä varmennetulla syötöllä.

Kolmantena mallinnuksena turvavalaistuksesta toistettiin yksi edellisistä mittauksista sillä muutoksella, että valaisimien tehoa vaihdettiin. Toisessa mallinnuksessa käytettiin valaisimen Thorn 7297d 2x58 W valaisimien sijasta Thorn 7297D 2x28 W PC. Tarkoituksena selvittää vaikuttaako valaisimien tehon vaihto tarvittavien valaisimien määrään.

Laskennan pohjana tässä tutkimuksessa käytin tasolle luotua poistumisreittiä. Mittauksissa käytetty taso on neliön mallinen ja siinä sijaitsevilla ritilätasolla on mahdollista kiertää koko alue. Täten määriteltiin poistumisreitti, joka kiertää koko tason, jolloin poistumien tasolta on turvallista kaikista kohdista kulkureittiä. Poistumisreittiin tarvittava valaistusmallinnus on esitetty kuvassa 4.4



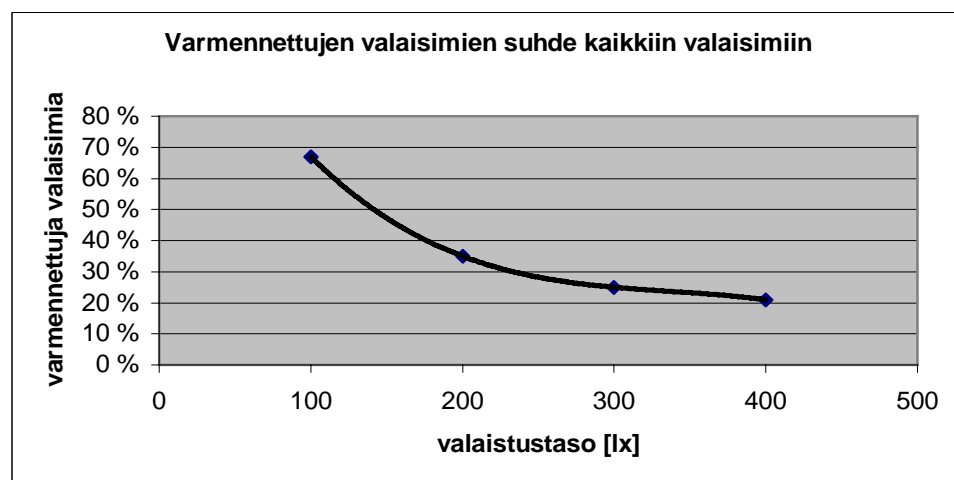
Kuva 4.4 Tarvittavan turvavalaistuksen valaisimien sijoittelu

4.5.2.2 Tulokset

Rajoittavin tekijä mallinnuksissa oli valaistuksen tasaisuuden luominen. Liian harvaan asennettuina valaistukseen jäi alueita, joissa lx-taso laski nolnaan tai hyvin lähelle sitä. Tällöin tasaisuus korkeimman lx-tason ja pienimmän välillä ei täyttänyt standardin /7/ vaatimuksia.

Sekä ensimmäisessä minimaalisessa tutkimuksessa sekä sen sovellutukset muiden valaistustasojen suunnitelmiin osoittivat, että varmennettujen valaisimia tarvittiin tutkittavalle tasolle kahdeksan (8). Mallinnukset osoittivat, että tarvittavien varmennetusti syötettyjen valaisimien määrään vaikuttaa ainoastaan kattilarakennukset ritilätason pinta-ala ja tason rakenne.

Tulevissa projekteissa tullaan hyödyntämään turvavalaisuksen mallinnuksien tuloksia valaistustasojen turvavalaisuksen arviointiin. Tulokset osoittivat ohjeet varmennetun valaisuksen tarpeen arvioinnille. Tilassa, jossa oli 200 lx valaistus, oli varmennettava kolmasosa valaisimista, ja 300 lx tasolla varmennettavia valaisimia tulisi olla joka neljäs. Varmennettujen valaisimien tarve valaistustasoille on esitetty kaaviossa 4.3.



kaavio 4.3 Arvioitu varmennettujen valaisimien tarve eri valaistustasoilla

Tarkemmat tulokset simuloinnista on liitteessä B.

4.5.3 Suurpainenatrium- ja loistevalaisimien käyttö kattilarakennuksessa

Nykyisen Metso Power Oy:n aikaisemmissa projekteissa valaistus on toteutettu sekä loistevalaisimilla ja suurpainenatriumvalaisimilla. Suurpainenatriumvalaisimien valmistajat suosittelevat usein varsin korkeita asennuskorkeuksia valaisimilleen. Toinen suurpainenatriumlamppujen käyttöä rajoittava tekijä on niiden heikko värintoisto. Kattilarakennukseen onkin valittava suurpainenatriumlamppuja, joiden värintoistoindeksi on vähintään 40, jolloin turvavärit toistuvat oikein. Tiloissa, joissa vaadittava

värintoistoindeksi on vähintään 60, tulee käyttää riittävän värintoiston omaavia loistelamppuja. Suurpainenatriumvalaisimet asettavat myös lisävaatimuksia turvavalaisuudelle hitaalla uudelleensyöttymisellä sähkökatkoksissa.

Valaistuksen suunnitteluohjeeseen pyrittiin selvittämään rajakorkeus suurpainenatriumvalaisimien käytölle. Suurpainenatriumvalaisimien suurin etu on niiden suuri valoteho kulutuksen suhteen. Liian matalalle asennettuna niillä aiheuttavat usein liian suurta kiusahäikäisyä. Mallinnukseen valittiin suurpainevalaisimeksi I-valon 6211/V3 100 W.

Asennuskorkeuden vaikutuksesta loistevalaisimilla toteutettuun valaistukseen simuloitiin toistamalla kappaleen 4.5.1 mallinnukset vielä sillä poikkeuksella, että asennuskorkeudeksi vaihdettiin 3,1 metriä. Asennuskorkeuden nostaminen 2,5 metristä 3,1 metriin laski keskimääräistä valaistusvoimakkuutta noin 10 % kaikissa valaistustasoissa.

Yleisesti käytettäväksi sovittiin yrityksen sisällä loistevalaisimista 2x58 W ja suurpainenatriumvalaisimista 1x100 W ellei asiakkaalla ole vaatimuksia muista valaisimista. Rajakorkeuden määrittämiseksi 100 W suurpainenatriumvalaisimien käytännölliselle asennuskorkeudelle mallinnettiin valaistustilanteita eri asennuskorkeuksilla (2,2m ja 2,5m) samassa tilassa kuin edellisissä tutkimuksissa. Luoduissa simuloinneissa vertailtiin tasojen valaistuksen tasaisuutta ja kiusahäikäisyä.

Mallinnukset osoittivat, että suurpainenatriumvalaisimilla oli helpompi toteuttaa suuri lx-tasoinen valaistus. Kuitenkin laskettaessa valaisimien asennuskorkeus alle 2,5m syntyi hyvin voimakkaasti valaistuja alueita. Tasaisuuden muutokset tekivät isoja eroja tilan kiusahäikäisyyn. Kiusahäikäisyä eli UGR-kerrointa simuloitiin mallinnuksessa kolmeen mielivaltaiseen pisteeseen sijoitetuilla UGR-katsojilla. Kiusahäikäisy vaihteli 2,2 metriin asennetuilla suurpainenatriumvalaisimilla olemattomasta täysin sietämättömään. Mallinnuksessa, jossa valaisimet asennettiin 2,5 metriin, pysyivät UGR-arvot alle suurimman kattilarakennukselle tarkoitetun arvon.

Taulukko 4.2 UGR-katsojien arvot 2,5 m asennetuilla suurpainenatriumvalaisimilla

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	53.300	31.600	1.200	180.0	22
2	UGR-laskelmapiste 2	33.700	50.100	1.200	0.0	23
3	UGR-laskelmapiste 3	34.400	28.800	1.200	0.0	<10

Taulukko 4.3 UGR-katsojien arvot 2,2 m asennetuilla suurpainenatriumvalaisimilla

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	53.300	31.600	1.200	180.0	14
2	UGR-laskelmapiste 2	33.700	50.100	1.200	0.0	26
3	UGR-laskelmapiste 3	34.400	28.800	1.200	0.0	>30

Verrattaessa suurpainenatriumvalaisimilla toteutettuja mitoituksia kappaleiden 4.1 ja 4.2 mitoituksiin todettiin suurpainenatriumvalaisimet käytännöllisemmäksi ja taloudellisemmaksi ratkaisuksi tiloihin, joissa valaisimien asennuskorkeus on yli 2,5 m tai vaadittava lx-taso on yli 400 lx. Tämän mallinnuksien tuloksien mukaiset päätelmät lisäsimme yrityksen yleiseksi linjaksi.

Tarkemmat tulokset simuloinnista on liitteessä B.

5 YHTEENVETO

Tässä työssä laadittu valaistuksen suunnitteluohje on otettu jo käyttöön uusimmissa projekteissa Metso Power Oy:llä. Laadittu valaistuksen suunnitteluohje on kuitenkin vasta ensimmäinen versio. Ohjetta tullaan päivittämään yrityksen sisällä, kun siihen liittyviä osia, kuten aikataulupohja saadaan sovittua, jotta se saadaan täysin kattamaan tarkemmin projektien vaiheita.

Syntynyt suunnitteluohje on työkalu, johon kerätty lähes kaikki projektin valaistusta varten tarvittava tieto yksissä kansissa. Ohjeeseen on sisällytetty sovittuja toimintatapoja ja päätelmiä simuloinneista. Nämä eivät kuitenkaan poista valaistussuunnitelmaan sisällytettäviä vaiheita, päinvastoin. Tällä ohjeella voidaan varmistaa että kaikki vaiheet tulee asianmukaisesti tehtyä, koska tarvittavat asiat on helposti tarkistettavissa ohjeesta.

Tulevaisuudessa, kun projektien valaisinjärjestelmien tiedot lisätään jo rakennettuun taulukkoon, ja huomioidaan mitoitettu valaistustaso esimerkiksi korjauskertoimena. Tällä taulukolla olisi silloin mahdollista tehdä huomattavasti nykyistä tarkempia valaistuksen toteutuksen mitoitus ja kustannusarvioita.

LÄHTEET:

Kirjallisen lähteet:

- 1 ANSI / IESNA RP-7-01 Recommended Practice for Lighting Industrial Facilities, Illuminating Engineering Society of North America. New York 2001.
- 2 ISO 8995. Lighting of indoor work places, International Organization for Standardization, 2002.
- 3 Kattilaprojektien tiedot vuosien 2001–2007 ajalta (luottamuksellisia)
- 4 SFS-EN-12464–1 Valo ja valaistus. Työpisteiden valaistus, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 2003.
- 5 SFS käsikirja 140, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 2. painos. 2004.
- 6 SFS-EN-1837 Koneturvallisuus. Koneiden valaistus, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 2001.
- 7 SFS-EN-1838 Valaistussovellukset. Turvavalistus, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 2000.
- 8 SFS-EN-50172 Poistumisvalaistusjärjestelmät, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 2004.
- 9 SFS-EN-50281-1 Pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 1999.
- 10 SFS-EN-60598 Valaisimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset ja testit Suomen Standardoimisliitto SESKO, 2005.
- 11 SFS 6000 Pienjänniteasennukset, Suomen Standardoimisliitto SESKO, 3. painos. 2005.
- 12 SSG 4451E Lighting Guidelines for Planning. Skogsindustriernas Teknik Ab. Edition 3. Sundsvall 2003.
- 13 Valaisimen valinnan perusteet. ST 57.45. ST-kortisto. Sähkötieto Ry. Espoo 2004.
- 14 Valaisinhuolto. ST 96.35. ST-kortisto. Sähkötieto Ry. Espoo 2003.
- 15 Valaisinhuollon toimenpiteet. ST 96.36. ST-kortisto. Sähkötieto Ry. Espoo 2003.
- 16 Valaisinluettelo: Fagerhult 2006 - 2007

Painamattomat lähteet:

- 17 Arto Hopeaharju, Sähköistyksen tuotepäällikkö, Keskustelut 2006–2007. Metso Power Oy. Tampere
- 18 John Lindfors, Projekti-insinööri, Keskustelut 2006-2007. Metso Power Oy. Tampere.
- 19 Eino Niemi, Käyttöpölyinsinööri, Keskustelut 2006–2007. Metso Power Oy.

Sähköiset lähteet:

- 20 Turvatekniikan keskuksen internet sivut
(www.tukes.fi, 9.2.2007)
- 21 Valaisinvalmistajan Idman internet sivut: (www.Idman.fi, 22.2.2007)
- 22 Valaisinvalmistajan I-valo internet sivut: (www.i-valo.fi, 22.2.2007)
- 23 Valaisinvalmistaja Thorn internet sivut: (<http://www.thornlight.se/>, 13.4.2007)
- 24 Esimerkkejä eräiden pölyjen palo- ja räjähdysominaisuuksista:
(<http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/FBA2CD60-904C-46CD-A1A6-CA5B8FB6B5F4/0/polyt.pdf>, 8.3.2007)
- 25 Dialux -valaistussuunnitteluohjelman kotisivut: (<http://www.dialux.com/>, 12.3.2007)
- 26 Lamppu valmistaja Oy Osram Ab:n verkkotuoteluettelo
(<http://catalog.myosram.com/>, 10.4.2007)
- 27 Lamppu valmistaja Oy Philips Ab:n tuote-esitys purkauslamputa
(http://www.lighting.philips.com/fi_fi/brochures/purkauslamput.pdf, 10.4.2007)

LIITTEET

Liite A Kattilarakennuksen valaistuksen suunnitteluohje

Liite B Tutkimustulokset tason valaistussuunnitelmasta

Liite C Hybex-kattila

Liite D Recox-kattila

Liite A Valaistuksen suunnitteluohje
Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject		Revision	0
		Ext. doc. ID	

Laatutavoite

Taata mahdollisimman varhaisessa vaiheessa projektia käsityksen kattilarakennuksen valaistuksen vaatimuksista ja varmistaa suunnitelmien etenemisen vaatimusten mukaisesti. Valaistus on merkittävä osa koko toimitettavan kohteen elinkaarta ja näkyvä muistutus suunnittelun laadusta. Valaistussuunnitelman laadulliset ja määrälliset tekijät ovat määritetty standardeissa, joten ei ole ainoastaan hyödyllistä vaan myös pakollista tehdä vaatimuksien mukaiset suunnitelmat. Hyvällä valaistussuunnitelmalla saavutetaan kustannustehokas, turvallinen, ja niissä olosuhteissa työskenteleville miellyttävä toteutus.

Prepared by

Reason for Issue

Checked by

Approved by

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

Sisällysluettelo:

1	LAAJUUS JA TEKNIikka	4
1.1	TERMINOLOGIA.....	4
1.2	KUSTANNUSTEKIJÄT	7
1.2.1	Valaisinmäärät eri kattilakoille.....	7
1.2.2	Valaistustason vaikutus kustannuksiin	8
1.3	VALAISTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	11
1.3.1	Valaistusvoimakkuus ja valaistustaso	11
1.3.2	Luminanssijakauma.....	12
1.3.3	Kiusahäikäisy (UGR)	13
1.3.4	Värinointo.....	13
1.3.5	Stroboskooppi-ilmiö	15
1.4	TURVAVALAISTUS	15
1.4.1	Poistumisvalaistus.....	15
1.4.2	Varavalaistus.....	17
1.4.3	Riskialttiin työnvalaistus	17
1.5	SYTYTYYS JA KAAPELOINTI	18
1.6	SYÖTÖT JA KESKUSTEN SIJAINTI	18
1.7	TYÖMAA-AIKAISESTA VALAISTUKSESTA SOPIMINEN	19
1.8	ALUSTAVA AIKATAULU	19
2	PERUSSUUNNITTELUOHJE	19
2.1	VALAISTUSUUNNITTELIJAN TEHTÄVÄT.....	19
2.2	VALAISTUSTASOJEN MITOITUS	20
2.2.1	Laskenta ja mallinnus.....	20
2.2.2	Työtasot.....	22
2.2.3	Mitoitustasot.....	23
2.3	VALAISINVALINNAT	24
2.3.1	Suojausluokat	26
2.3.2	Elektroniset liitäntälaitteet (loistevalaisimet)	27
2.4	VALAISINLUETTELO.....	28
2.5	AIKATAULU	28
2.6	VALAISIMIEN EX-MÄÄRITTELY	28
2.6.1	Pöly- ja kaasu räjähdysvaaralliset tilaluokitukset	29
2.6.2	Ex-laitteiden merkinnät.....	30
2.6.3	Valaisimen Ex-mitoitus	31
3	HANKINTAERITTELYPOHJA	32
3.1	VAATEET CE-MERKINTÄ DOKUMENTAATIOSTA ERI OSAPUOLILTA	32
3.1.1	Valaisintoimittaja.....	32
3.1.2	Keskustoimittajalta.....	33
3.1.3	Urakoitsijalta	33

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi

Doc. ID

Project name

Date

Subject

Projektien valaistus

Revision 0

Ext. doc. ID

4	ASENNUSSUUNNITTELU	33
4.1	SYÖTÖT JA SUOJAUKSET	33
4.1.1	<i>Massoitus</i>	35
4.2	VALAISTUKSEN UPS-MITOITUS	35
4.3	KAAPELOINTI.....	35
4.4	SYTYTYYS JA MUUT PERIAATTEET	36
5	ASENNUSOHJE	36
5.1	PERUSOHJEET ERI ASENNUSTAVOILLE	36
5.2	KYTKENTÄ	36
6	ASENNUSTARKASTUSOHJE	37
6.1	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	37
6.1.1	<i>Silmämääräinen tarkastus</i>	38
6.1.2	<i>Testaus</i>	39
6.2	VARMENNUSTARKASTUKSET	42
6.3	MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET	42
6.4	VALAISTUSTASON TODENNUSOHJE	42
6.4.1	<i>Yleisvalaistuksen ja työpistevalaistuksen testaus</i>	43
6.4.2	<i>Varavalaistuksen testaus</i>	43
7	HUOLTO-OHJE	44
8	LUOVUTUSPÖYTÄKIRJAMALLI	47
	LÄHTEET	48
	LIITTEET	48
	LIITE A VALAISIMIEN MERKINNÄT	
	LIITE B VALAISTUSVAATIMUKSIEN EROAVAISUUDEN ERI STANDARDIEN VÄLILLÄ	
	LIITE C VÄLIAIKAISEN VALAISTUKSEN KÄYTTÖ TYÖMAALLA	
	LIITE D ESIMERKKIMITOITUKSEN TULOKSET DIALUX-OHJELMASTA	

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

1 LAAJUUS JA TEKNIikka

1.1 Terminologia

Valaistussuunnitelmaa tehdessä ja sitä käsitellessä tulee ymmärtää valaistuksen teknisiä käsitteitä. Tähän kappaleeseen on kerätty oleellimmat standardien kanssa yhtenevät käsitteet. Tekstissä termiin viittaus on esitetty sulkuun merkityllä kirjaimella.

a) Ajoittain toimiva turvavalaisin

Valaisin, jossa lamput ovat toiminnassa vain silloin, kun normaalin valaistuksen syöttö menee epäkuuntoon.

b) Avoimen alueen valaistus (turvavalistus)

Tämän tarkoituksena on vähentää paniikin todennäköisyyttä, sekä mahdollistaa rakennuksessa olevien henkilöiden turvallinen poistuminen luomalla sopivat näkyvyysolot poistumisreitille valaisten kaikki kulkuun vaikuttavat esteet.

c) Avoin alue (joissakin maissa paniikinesto)

Määrittämättömän poistumisreitien alueet eteistiloissa tai tiloissa, jotka ovat lattiapinta-alaltaan suurempia kuin $60 m^2$ tai pienemmät alueet mikäli on lisävaaratekijä kuten suuret ihmisjoukot.

d) Häikäisysojakuulma

Kulma, jonka muodostaa vaakataso ja suora, jonka suunnassa lampun valaisevat osat alkavat näkyä valaisimessa.

e) Jatkuva toiminen turvavalaisin

Valaisin, jossa turvavalaisuksen lamput ovat kytkettynä jännitteeseen aina, kun tarvitaan normaalia valaistusta tai turvavalaisusta

f) Kiusahäikäisy (UGR)

Kiusahäikäisy synnyttää epämiellyttävän näköympäristön, ja usein häiritsee näkötehokkuutta. Se syntyy kun henkilön näkökentässä toisilla valaistuilla kohteilla (tai heijastuspisteillä) on merkittävästi suurempi valovoima kuin toisilla.

g) Lampun loppuun palamisikä

Lampun loppuun palamisikä tarkoittaa aikaa, jolloin kyseisen lamppumallin lamput on testien mukaan puolet palanut loppuun.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by Timo Myllyniemi

Doc. ID

Project name

Date

Subject

Projektien valaistus

Revision 0

Ext. doc. ID

h) Luminanssijakauma

Valotehon jakauma näköympäristössä

i) Nimellinen toiminnan kestoaika

Valmistajan ilmoittama aika, jona nimellistä turvavalaisituksen lumentehoa (valovirtaa) tuotetaan.

j) Näyttöpäätte

alfanumeeristen tai graafisten merkkien esittämiseen käytetty päätte

k) Rajun käytön valaisimet

Rajun käytön valaisimien tulee olla suojattu vierasesineiden, pölyn sekä kosteuden sisääntunkeutumista vastaan vähintään kotelointiluokalla IP 54. Rajun käytön valaisimet ovat mekaanisesti riittävän kestäviä ja ne eivät saa kaatua missään olosuhteissa normaalin käytön aikana. Lisäksi jalustan ja valaisimen välisten kiinnityksien tulee olla mekaanisesti riittävän kestäviä.

l) Poistumisreitti

Reitti, joka on osoitettu poistumiseen turvalliseen paikkaan hätätilanteessa

m) Riskialttiin työalueen valaistus

Tarkoituksena varmistaa työntekijöiden turvallisuus, jotka työskentelevät tilassa, jossa valaistuksen katkeaminen aiheuttaa vaaratilanteen, ja varmistaa laitteiden hallittu pysäyttäminen.

n) Sisäpuolisesti valaistu turvallisuuskilpi

Kilpi, joka valaistaan tarvittaessa sisäpuolisen valonlähteen avulla

o) Stroboskooppi-ilmiö

Valon välkkymisestä tietyllä taajuudella aiheutuva harhailmiö mikä saattaa aiheuttaa vaaratilanteita, koska se saa pyörivien tai edestakaisin liikkuvien koneiden liikkeen näyttämään todellista hitaammalta tai pysähtyneeltä.

p) Tarkastus

Kaikki menettelyt, jolla arvioidaan tarkastuskohteen vaatimusten mukaisuutta havainnoimalla ja tarpeen mukaan mittaamalla ja testaamalla.

q) Tarvittava akkujen kestoaika

Kesto aika, joka vaaditaan akkujen hätäkäytön toimintaa varten

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

r) Testaus

Sähköasennuksessa tehtävät toimenpiteet, joiden avulla sähköasennuksen turvallisuus osoitetaan. Testaus sisältää arvojen toteamisen sopivilla mittalaitteilla, ellei niitä saada selville silmämääräisellä tarkastuksella.

s) Työalue

Se osa työalueesta, jossa näkötehtävä suoritetaan. Mikäli tämä on tuntematon, on valittava alueeksi koko se alue, jolla työ voidaan suorittaa.

t) Turvavalaistus

Normaalin valaistuksen virransyötön häiriintyessä käytettävä valaistus
Sisältää sekä varavalaistuksen ja poistumisvalaistuksen

u) Uloskäytävä (hätäuloskäynti)

Ulosjohtava tie, joka on tarkoitettu käytettäväksi hätätilanteen aikana.

v) Valaistusvoimakkuuden huoltoarvo ($\overline{E_m}$)

Arvo, jonka alle määrätyn alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea. HUOM. Tällä tarkoitetaan keskimääräistä valaisuvoimakkuutta ennen huoltoa.

w) Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuus

Työalueen pinnanminimivalaistusvoimakkuuden suhde keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen

x) Valaistusvoimakkuus

Pinnan kaikista suunnista saama valovirta. Yksikkö on luks [lx]

y) Välitön ympäristö

Näkökentässä olevaa määriteltyä työaluetta ympäröivä vähintään 0,5 m levyinen kaista

z) Yhdistelmävalaisin

Valaisin, joka sisältää kaksi lamppua tai useampia lamppuja, joista vähintään yksi saa energiansa turvavalaistuksen syötöstä ja toinen (toiset) normaalin valaistukset normaalin valaistuksen syötöstä. Yhdistelmäturvavalaisin on joko jatkuvatoimiminen tai ajoittain toimiva

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

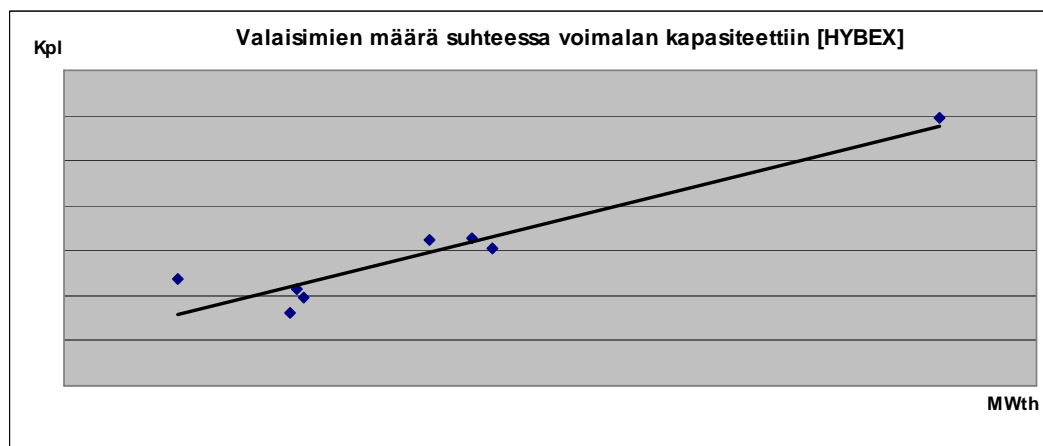
1.2 Kustannustekijät

Valaistuksen kustannusta arviointiin vaikuttaa valaisimien määrä, valaistuksen laatu ja suunnitelmien tarkkuus. Valaistuksesta saa niin miellyttävän ja tarkoituksen mukaisen kuin vai haluaa kunhan siihen panostaa. Valaistuksen kustannuksia ei kuitenkaan halutessaankaan pysty määräänsä enempää karsimaan, koska työturvallisuuslait ja standardit määrät rajan minimi tason toteutukselle.

Valaisimien määrän pystyy karkeasti arvioimaan seuraavan kappaleen ohjeiden mukaisesti. Valaistuksen laatu lisää kustannuksia, sillä tasaisempi valaistus ja pienemmät häikäisyt tarvitsevat hieman enemmän pienitehoisia valaisimia ja enemmän suunnittelua.

1.2.1 Valaisinmäärät eri kattilakoille

Jo toteutettujen projektien perusteella on mahdollista arvioida kattilarakennuksen tarvitseman valaisin määrän kattilan kapasiteetin perusteella. Alla olevassa *kaaviossa 1.1* on nähtävissä kapasiteetin vaikutus valaisimien määrään. Tätä kaaviota hyväksikäyttäen voi arvioida projektin tarvitseman valaisin määrän.



Kaavio 1.1 valaisimien määrä suhteessa voimalan kapasiteettiin.

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name Projektien valaistus
Subject Projektien valaistus

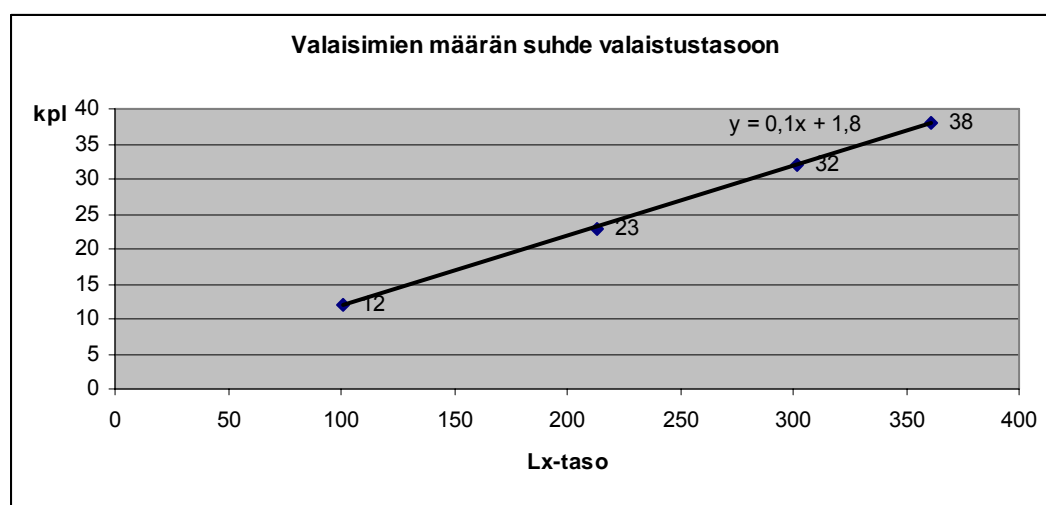
Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

1.2.2 Valaistustason vaikutus kustannuksiin

Asiakkaan kanssa on pyrittävä sopimaan mahdollisimman aikaisin vaaditusta valaistustasosta kattilarakennuksen tiloihin. Lisäksi nämä tulisi mahdollisimman tarkasti pyrkiä määrittelemään missä kyseinen vaadittu taso tulisi olla. Sovittavan tason tulee olla vähintään standardien mukainen. Nämä tasot tarkennetaan myöhemmissä kappaleissa. Projektin sähköistykseen osallistuvien tulisi kuitenkin olla tietoisia kyseisten valaistustasojen merkityksestä kustannuksiin. Tätä ohjetta varten suoritimme mallimitoitusta rakennettavaan kattilarakennukseen, ja mittasimme valaistustason muutoksen vaikutusta valaisimien määrään. Tutkimukset suoritimme kaikkien saatavilla olevien esitietojen mukaisesti samalla noudattaen standardeja, ja pyrkimällä minimoimaan tarvittavia valaisimia.

Tässä mallinnuksessa käytettiin valaisimina Thorn 2x58 W loistevalaisimia. Valaisimet oli asennettuina 2,5 metrin korkeuteen ja mitattu taso oli 0,25 metrin korkeudessa ritilätason mukaisesti. Mallinnukset toistettiin myös tilanteessa, jossa valaisimien korkeudeksi vaihdettiin 3,1 samoilla sijoituspisteillä ja samalla mittausalueella. Tällöin keskimääräinen valaistusvoimakkuus laski noin 10 % valaistustasokohtaisesti (esimerkiksi 220 lx -taso laski arvoon 200 lx) yhdellä kattilatasolla (sama 10 % päti myös suurpainenatriumvalaisimilla toteutettuihin suunnitelmiin).

Mallinnetun kattilarakennuksen tason kokonaispinta-ala on noin 723 m², josta mitoittavaksi alueeksi rajattiin ritilätason mukaisesti noin 293 m²



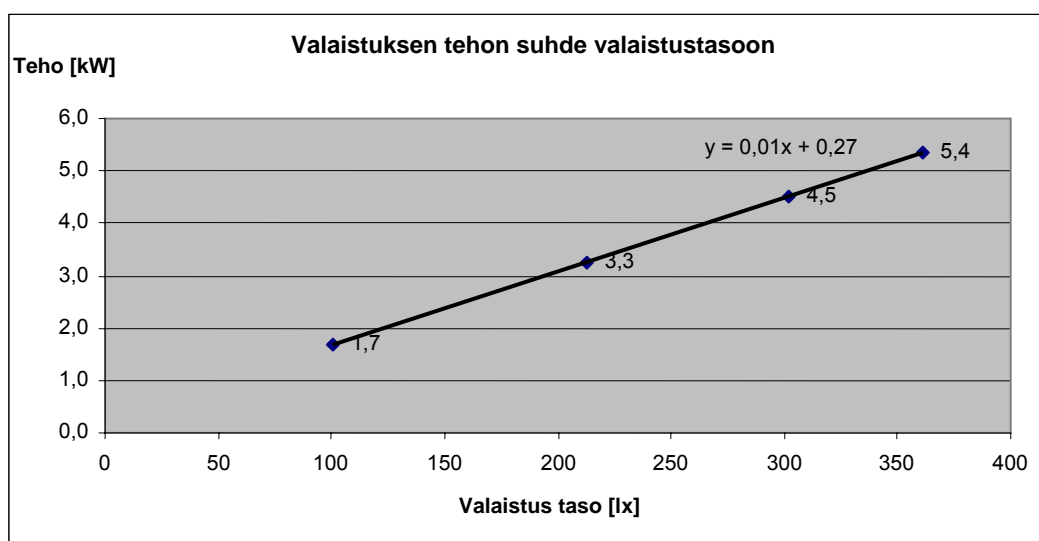
Kaavio 1.2 Valaisimien määrän suhde valaistustasoon

Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name Projektien valaistus
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

Valaisimien määrä on siis noin kymmenesosa vaaditusta valaistustasosta noin 700 neliöisessä kattilarakennuksen alle 300 neliöisessä ritilätasossa.



Kaavio 1.3 Ritilätason valaistuksen tehon suhde vaadittuun valaistustasoon

Asiakkaalle on myös varmasti tärkeä tieto kaaviosta 1.3 ilmi käyvä tehon kulutuksen voimakas kasvu yhdellä tasolla valaistustasoa nostettaessa.

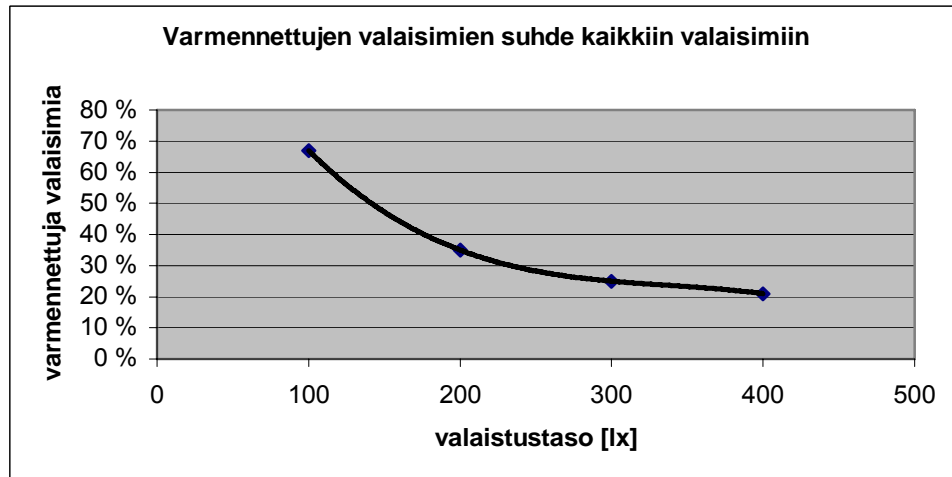
Mittauksissa tutkimme myös varavalaistuksen tarvetta kyseiseen tilaan. Tämä noin 300 neliön tila tarvitsee vaatimuksien mukaiseen turvavalaistukseen kahdeksan (8) varmennetulla syötöllä varustettua valaisinta. Käytännössä turvavalaistukseen tarvittavien valaisimien määrä on verrannollinen ainoastaan valaistavaan pinta-alaan ja sen rakenteeseen. Kuitenkin tehtyjen tutkimuksien tuloksien perusteella voimme päätellä, että tason varmennettujen valaisimien määrä kaikista(*) tason valaisimista on 200 lx tasolla kolmasosa, ja taas 300 lx tasolla on varmennetulla syötöllä varustettava joka neljäs valaisin.

(*) pois lukien ”vihreät juoksijat”

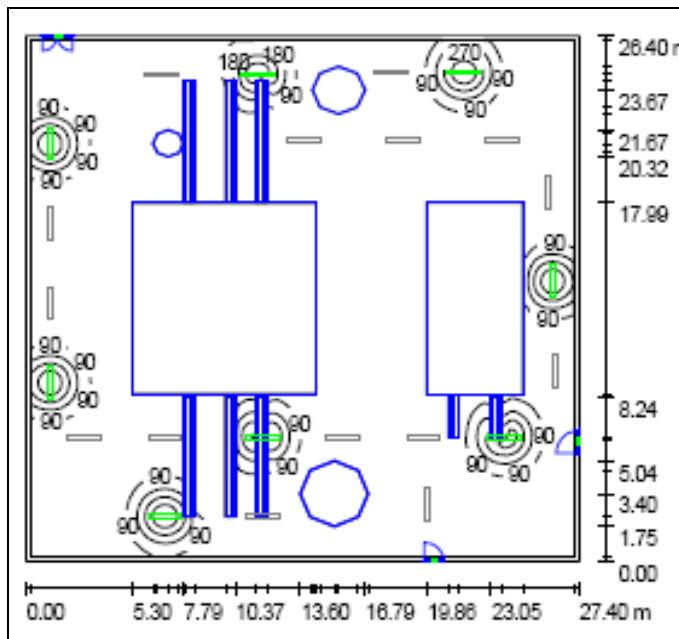
Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name Projektien valaistus
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID



Kaavio 1.4 Varmennettujen valaisimien tarve eri valaistustasoilla



Kuva 1.1 Esimerkki varmennettavien valaisimien valinnasta

Tarkemmat tiedot mittauksista löytyvät sähköistyksen osastolevyiltä.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

1.3 Valaistukseen vaikuttavat tekijät

Valaistusta suunniteltaessa on suunniteltava näköympäristöön vaikuttavat tekijät kuten luminanssijakauma, valaistusvoimakkuus, häikäisy, valon suuntaus, valon väri ja sen toisto-ominaisuudet, välkyntä, päivänvalo.

Valaistusvaatimukset on täytettävä kaikissa tiloissa keskimääräisesti. Poikkeukset näistä on mainittu kunkin ominaisuuden kappaleessa. Erityishuomio mitoituksessa tulee kuitenkin kiinnittää kattilarakennuksessa prosessitiloihin, eli työpisteisiin.

1.3.1 Valaistusvoimakkuus ja valaistustaso

Työalueella ja sen lähiympäristössä valaistusvoimakkuudella ja sen jakaumalla on merkittävä vaikutus siihen, miten nopeasti, turvallisesti ja mukavasti työtehtävät on mahdollista suorittaa. Liitteen A taulukossa 2.2.2.1 on esitetty standardien vaatimukset valaistuksen määrälliselle ja laadulliselle tasolle. Valaistuksen on noudatettava vähintään standardien ISO 8995 ja EN 12464-1 määrättyjä tasoja, mutta asiakkaan toiveesta voidaan käyttää lisäksi paikallisia määräyksiä kuten esim. ruotsissa SSG 4451 ja Pohjois-Amerikassa ANSI/IESNA RP-7-01 (liite B).

Standardeissa määritellyt valaistusvoimakkuuden arvot on suunniteltu huomioiden seuraavat tekijät:

- Näkömukavuus ja hyvinvointi
- Näkötehtävälle asetettavat vaatimukset
- Näköergonomia
- Käytännön kokemus
- Turvallisuus
- Taloudellisuus

Valaistusvoimakkuuden keskiarvo saa alittaa annetun arvon vain jos valaistuksen kohteet ovat poikkeuksellisen suuria, sen ovat kontrastit korkeita tai työtehtäviä suoritetaan hyvin lyhytaikaisesti. Alempia valaistusarvoja siis on mahdollista hyödyntää osassa kattilarakennuksen valaistusta, muttei saa unohtaa turvallisuutta. Annetun arvon saa ylittää, jos kyseisen kohteen näkötehtävä on luokiteltu kriittiseksi, virheet aiheuttavat kustannuksia, tarkkuus ja korkea tuottavuus ovat tärkeitä, kohteessa on pieniä yksityiskohtia ja alhainen kontrasti tai työtehtäviä suoritetaan poikkeuksellisen pitkäkestoisesti.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Tilan valaistukseen mitoituksessa on määritettävä työpisteet, joiden valaistuksen on täytettävä tilan vaatimuksen ja sen lisäksi valaistusvoimakkuuden tasaisuuden määritellyllä työalueella on oltava yli 0,7 ja tämän välittömässä lähiympäristössä vähintään 0,5.

1.3.2 Luminanssijakauma

Määrää silmien sopeutumistason näkökentässä, mikä vaikuttaa näkyvyyteen.

Tasapainoinen luminanssijakauma on tärkeä tekijä näöntarkkuuteen ja kontrastiherkkyyteen, eli tasaiseen valonjakoon tulee pyrkiä valaisinsijoittelussa.

Luminanssijakauma on merkittävä osa näkömukavuutta, joten seuraavat asiat tulisi ottaa huomioon:

- Liian suuret luminanssit saattavat aiheuttaa häikäisyä
- Liian suuret luminanssikontrastit aiheuttavat näköväsymystä silmien jatkuvan sopeutumistason muuttamistarpeen takia.
- Liian alhaiset luminanssit ja liian alhaiset luminanssikontrastit tekevät työympäristöstä yksitoikkoisen.

Kaikkien pintojen luminanssit vaikuttavat valaistuksen lopputulokseen ja ne määräytyvät pinnan heijastussuhteen ja valaistusvoimakkuuden perusteella. Standardien /1,2/ mukaiset suositusarvot huonepinnoille ovat.

- Katto: 0,6...0,9
- Seinät: 0,3...0,8
- Työtasot: 0,2...0,6
- Lattia: 0,1...0,5

Valaistussuunnitelman mallimitoitukseen valittiin toteutuneiden projektien valokuvien perusteella seuraavat heijastuskertoimet Dialux -ohjelman suositusarvoista:

- Kattilan eristyspellitys: 0,8 (kirkas metalli)
- Seinille: 0,5 (vaalea betoni tai maalattu metalli)
- Lattia: 0,4 (metalli ritilä ja sen alla olevat metalliset rakenteet)
- Katto: 0,7 (osa ylemmän kerroksen valosta)

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

1.3.3 Kiusahäikäisy (UGR)

Kiusahäikäisy synnyttää epämiellyttävän näköympäristön, ja usein häiritsee näkötehokkuutta. Se syntyy kun henkilön näkökentässä toisilla valaistuilla kohteilla (tai heijastuspisteillä) on merkittävästi suurempi valovoima kuin toisilla.

Taulukko 1.1 UGR-luokitus /12./

UGR-luokituksen arvot käytännössä	
Kuvaus	UGR-arvo
täysin sietämätön	31
Häiritsevä	28
Hieman häiritsevä	25
epämiellyttävä	22
Hyväksyttävissä	19
Havaittavissa	16
Huomaamaton	10

UGR-arvo on käytännöllisintä laskea valaistussuunnittelu ohjelman avulla (esim. Dialux, OptiWin) sijoittamalla ”UGR-katsoja” suunnitelmaan.

UGR-arvoon on kiinnitettävä huomiota suunnitelmassa. Valaisimien valinnan lisäksi on valittava oikean mallinen optiikka valaisimelle, jotta varmistetaan ainakin, ettei tilan normaalissa käytössä ole suoraa näköyhteyttä koko lamppuun. Suunnitelmaan ei saa laittaa liian tehokkaita/suunnattuja valaisimia mataliin tiloihin esim. ei suositella asennettaviksi tehokkaita suurpainenaatriumvalaisimia alle 2,8 m mataliin tiloihin.

Jos halutaan pienentää UGR-arvoa, niin kannattaa:

- lisätä näkökentän pimeimpiin alueiden valaistusta, jotta saadaan tasattua näkökentän luminanssijakaumaa.
- Valita pienempi tehoisia valaisimia tilaan
- Vaihtaa käytettävien valaisimien optiikkaa, jottei valaisimen lamppu ole nähtävissä suoraan

1.3.4 Värintoisto

Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien esittämiseksi on määritelty kehitetty yleinen värintoistoindeksi R_a . Sen suurin arvo on 100. Indeksien arvo on sitä pienempi, mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet ovat. Käytännössä arvo kuvaa prosenttimäärää väreistä, joita lampun spektri toistaa.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Värintoisto lisää työtilan mielekkyyttä, kun ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon väri toistuu luonnollisena ja oikeana ja tavalla, joka saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä.

Uusimmissa standardeissa (esim. ISO 8995) on asetettu valaistuksen värintoistolle tasoja eri tiloille.

Tärkein teollisuuteen liittyvä värintoiston sääntö on, että turvavärien tulee aina toistua oikein. Käytännössä kaikkiin työtiloihin on valittava lamput, joiden värintoistoindeksi (R_a) on vähintään 40.

Tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti, on käytettävä lampuja, joiden värintoistoindeksi vähintään 80.

Lamppujen valmistajat ilmoittavat myös lampun värivaikutelman, joka ilmaistaan lämpötilana [K] tunnuksena käytetään usein T_{cp} .

Lampun värivaikutelma voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

Lämmin	< 3300 K
Neutraali	3300...5300 K
Kylmä	> 5300 K

Värivaikutelman valinta perustuu käytännössä siihen mikä näyttää tilassa luonnolliselta ja minkälainen tilavaikutelma pyritään luomaan.

Esimerkiksi:

Osram:lla on valikoimissaan peruslamppu (basic), jonka tunnuksena on:

”L 36W/535” - jossa siis

L - linear, eli suora putki

36W - teho

535 - värintoistoindeksi (50 % värispektristä)

535 - värlämpötila 3500 K (ns. neutraalin värinen)

Tämä lamppu kävisi tarvittaessa kattilarakennukseen, muttei värintoiston perusteella sähkötiloihin tai kytkentälaitetiloihin (kts. 2.2.1)

Lähde: <http://catalog.myosram.com/>

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

1.3.5 Stroboskooppi-ilmio

Stroboskooppi-ilmio (o. s.5) tarkoittaa tilannetta, jolloin edestakaisin tai pyörivä laite liikkuu samalla taajuudella ja samanaikaisesti tai lähes samanaikaisesti kuin valaistus, jolloin kyseinen laite näyttää olevan paikallaan tai liikkuvan hitaasti. Tämä on aika harvinaista, mutta se saattaa johtaa laitteiston aiheuttamaan vaaratilanteisiin ja on siksi huomioitava. Kattilarakennuksessa huomioitavia laitteita ovat mm. puhaltimet. Tämän ilmiön esiintyminen voidaan estää asentamalla lähekkäiset valaisimet eri vaiheisiin tai käyttämällä elektronisia liitäntälaitteita.

1.4 Turvavalistus

Turvavalistus otetaan käyttöön, kun normaalin valaistuksen sähkönsyöttö häiriintyy. Tämän vuoksi turvavalaisuksella on oltava normaalin valaistuksen syötöstä riippumaton sähkönsyöttö. Kaikki turvavalaisimet on syytä merkittävä testausta varten. Eri turvavalaisuksen osilla on omia säädöksiään, mutta kaikille turvavalaisukselle tulee käyttää lamppuja, joissa yleisen värinotoindeksin R_A on oltava vähintään 40 /7/. Valaisimen rakenne ei saa merkittävästi pienentää sitä, jotta kaikki turvallisuusvärit on tunnistettavissa.

Yrityksemme toteuttaa yleisen turvavalaisuksen (loistevalaisimet ja suurpainenatriumvalaisimet) vakioratkaisuna UPS -varmennetusti syötetyillä valaisimilla. Ellei olosuhteet tai asiakkaan vaatimukset muuta vaadi.

Suurpainenatrium-, monimetalli-, ja elohopeahöyrylampulla valaistuissa tiloissa tulee turvavalaisuksen ohjauksessa huomioida kyseisten lamppujen sytytysaika lyhyen katkoksen jälkeiselle ajalle. Esimerkiksi monimetallilampuilla menee useita minuutteja käynnistymiseen, joten tälle ajalle on varauduttava turvavalaisuksella.

1.4.1 Poistumisvalaistus

Poistumisreitti valaistuksen tarkoituksena on mahdollistaa turvallinen poistuminen ja osoittaa poistumisreitti valaistuksen normaalin syötön häiriinnyttyä. Poistumisreitien valaistus toteutetaan yrityksemme toimittamissa kattilarakennuksissa varmennetulla varavalaisuksella ja poistumisreitien osoittamiseen tarkoitetuilla sisäisesti valaistuilla turvallisuuskilvillä, elleivät olosuhteet tai asiakkaan vaatimukset muuta vaadi.

Turvallisuuskilvillä tarkoitetaan niin sanottuja ”vihreitä juoksijoita”. Standardin /8/ mukaan kaikki poistumisreittejä osoittavien kilpien on oltava väriltään ja muodoltaan

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

samanlaisia, joten projektikohtaisesti poistumisreittien turvalliskilvet hankitaan yhdeltä toimittajalta. Vakioratkaisuna projekteissa toteutamme poistumisreittien kilpien sähkön syötön turvalokeskuksista.

Poistumisvalaistuksen on toimittava aina sellaisissa tapauksissa, kun mikä tahansa normaalin valaistuksen syötön osa vikaantuu. Ajoittain toimivien turvalalaisimien ja ajoittain toimivien yhdistelmävalaisimien on toimittava, kun normaalin valaistuksen ryhmäjohtoon tulee vika. Kaikissa tapauksissa valaistus on toteutettava siten, että paikallinen poistumisvalaistus toimii aina, kun vastaavan paikallisalueen normaalisyöttö vikaantuu.

Valaisimet suositellaan standardeissa asennettavaksi vähintään 2 metrin korkeudelle mikäli mahdollista, muttei kuitenkaan liian korkealle, jottei mahdollinen savu aiheuta näköestettä.

Ellei uloskäytävän opaste ole kulkureitiltä suoraan näkyvässä, on käytettävä valaistua suuntanuolta (tai useita).

Poistumistien valaistus on järjestettävä seuraavanlaisiin paikkoihin /7/:

- Jokainen hätäpoistumiseen tarkoitettu ovi
- Portaiden lähialue niin, että jokainen porrastasanne saa suoraa valoa (lähialue 2 m säteellä)
- Pakolliset uloskäytävät ja turvallisuuskilvet
- Kulkusuunnan jokainen muutospaikka
- Käytävien jokainen risteys
- Jokainen lopullisen uloskäynnin lähistö ja uloskäynti
- Jokaisen ensiapupisteen lähialue (vähintään 5 lx)
- Jokaisen palosammutuskaluston sijoituspaikan ja palohälytyspisteen lähialue (vähintään 5 lx)

Enintään 2 m leveillä poistumisreiteillä vaakasuoran valaistusvoimakkuuden lattian tasossa poistumistien keskilinjalla oltava vähintään 1 lx, ja keskivyöhykkeellä, jonka leveys on vähintään puolet poistumisreitien leveydestä, valaistusvoimakkuuden on oltava vähintään 50 % keskilinjan kohdalla olevasta valaistusvoimakkuudesta.

Yli 2 m leveitä poistumisreittejä voidaan käsitellä 2 metrisinä käytävinä tai ne voidaan valaista avoimen alueen paniikinehkäisyvaatimusten mukaisesti.

Poistumisreitien valaistuksen voimakkuuden suhde suurimman ja pienimmän välillä ei saa olla suurempi kuin 40:1. /7/

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Estohäikäisy on pidettävä pienenä rajoittamalla valovoimaa näkökentässä.. Valaisimen ja sen taustan välinen suuri kontrasti voi aiheuttaa häikäisyä. Poistumisreittivalaistuksessa pääongelma on estohäikäisy, jossa valaisimien suuri luminanssi voi häiritä ja estää esteiden ja merkkien näkymisen.

Hätäpoistumiseen tarkoitettun poistumisvalaistuksen on toimittava vähintään 1 h ajan. Poistumisreittivalaistuksen on saavutettava 50 % vaaditusta valaistusvoimakkuudesta 5 sekunnin sisällä ja täysi valaistusvoimakkuus 60 sekunnin sisällä. /7/

Avoimen alueen valaistus (poistumisreittivalaistus)

Valaistusvoimakkuuden on oltava lattialla vähintään 0,5 lx koko tilassa lukuun ottamatta 0,5 m levyistä tilan reuna-aluetta. Valaistusvoimakkuuden tasaisuuden, värintoiston, toiminta-ajan, estohäikäisyn ja käynnistysaikojen suhteen pätevät samat määräykset kuin poistumisreittivalaistusta.

1.4.2 Varavalaistus

Metso Power Oy:n toimittamissa valaistusjärjestelmissä varavalaistusta käytetään osana poistumisvalaistusjärjestelmää, joten sen on täytettävä poistumisvalaistukselle kuuluvat vaatimukset.

Jos varavalaistus on tasoltaan alhaisempi kuin työhön vaadittava pienin valaistusvoimakkuus, valaistusta on käytettävä vain prosessien alasajoon tai lopettamiseen.

1.4.3 Riskialttiin työnvalaistus

Normaalin valaistuksen katkettua riskialtteilla työalueilla valaistusvoimakkuuden on työtasolla oltava vähintään 10 % työhön vaadittavasta valaistusvoimakkuudesta, kuitenkin vähintään 15 lx. Haitallista stroboskoopiefektiä ei saa esiintyä. /7/

Valaistusvoimakkuuden tasaisuus varavalaistuksella riskialttiilla työalueella on oltava vähintään 0,1. /7/

Riskialttiin alueen valaistuksen on toimittava vähintään niin kauan kuin vaaraa on ihmisille. Normaali-alueen häiriytyessä riskialttiin alueen valaistuksen on annettava täysi valaistusvoimakkuus keskeytyksestä tai 0,5 s sisällä sovelluksesta riippuen.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Riskialttiita työpisteitä ovat paikat, joissa oleskellaan normaaleissa työolotilanteissa, ja joissa valaistuksen syötön katkettua voivat tilassa sijaitsevat laitteet aiheuttaa vaaratilanteita elleivät ne ole nähtävissä. Kattilarakennuksessa tämän kaltaisia pisteitä ovat esimerkiksi:

- Avoimet kuljettimet
- Öljypolttimen työsylinterien alue
- Lipeäruiskujen alue

Vastaavan kaltaiset pisteet on selvitettävä projektikohtaisesti turvallisuudesta vastaavien henkilöiden kanssa.

1.5 Sytytys ja kaapelointi

Valaistuksen sytytys tulee olla tehtävissä keskukselta. Yleisesti ryhmän sytytys hoidetaan kytkimellä varustetulla kontaktorilla, johon voidaan tarvittaessa liittää hämäräkytkin tilasta riippuen.

Palohälytinkeskuksen valaistuksen ohjaukset on käytävä läpi tapauskohtaisesti.

1.6 Syötöt ja keskusten sijainti

Syötöt kattilarakennuksen yleisvalaistukselle valaistukselle hoidetaan 5x2,5 mm² MMJ -kaapelilla, jolla vierekkäiset valaisimet asennetaan eri vaiheisiin.

Valaistusryhmien suojaukseen käytetään yleisesti 3x16 A johdonsuojakatkaisijoita. Ryhmien koon ja syötön etäisyyden mukaan on määriteltävä käytetäänkö C- vai B-käyrän johdonsuojakatkaisijoita. B-käyrän johdonsuojien käyttöä rajoittaa pienempi sallittu ryhmäkoko, ja C-käyrän suojia taas suurempi tarvittu oikosulkuvirta rajoittaa ryhmän syöttävän johtimen pituutta.

Alemmat kerrokset on mahdollista syöttää yhdeltä keskukselta, mutta riippuen kattilarakennuksen koosta, voidaan ylemmille tasoille tarvita yhtä tai useampaa keskusta valaistukselle.

Aiheesta on tarkemmin asennussuunnittelussa kappaleessa 4.1.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

1.7 Työmaa-aikaisesta valaistuksesta sopiminen

Kattilaprojektin työmaa-aikaisesta valaistuksesta on sovittava hyvin varhaisessa vaiheessa. Tämän asian sopimisessa on asennuspuolella ja sähköistyspuolella usein eriävät mielipiteet. Asiasta tehtiin sähköistyksen osastolla kustannusvertailu Ruotsalaisen kattilatoimitus projektin yhteydessä. Työryhmä käytti kustannuslaskelmissa mahdollisimman paljon toteutuneita kustannuksia ja arvioivat ylimääräiset työvoimakustannukset he pyysivät paikalliselta asennusurakoitsijalta, joka vastasi projektin sähköasennuksista. Vertailussa todettiin, että väliaikaisen valaistuksen käyttö on edullisempaa ja se antaa hieman enemmän liikkumavaraa sähköistyksen ja mekaanisten asennusten aikataulun yhteen sovittamisessa. Tarkempi selvitys tutkimuksesta löytyy liitteessä C.

1.8 Alustava aikataulu

Käytämme laatujärjestelmän mukaista aikataulutusta. Malliratkaisu alustavasta aikataulusta lisätään tähän kun se on rakennettu.

2 PERUSSUUNNITTELUOHJE

Tässä kappaleessa esitellään valaistussuunnittelun perussuunnitteluvaiheen tehtävät ja ohjeet niiden asianmukaiseen suorittamiseen.

2.1 Valaistussuunnittelijan tehtävät

Nykyaikaisen valaistussuunnitelman tekeminen vaatii asiantuntemusta ja asiaan paneutumista. Jotta on mahdollista saada toimiva valaistusjärjestelmä, tulee valaistussuunnittelijan tehdä vähintään seuraavat vaiheet valaistussuunnitelmaansa:

1. Määritellä suunnitelman kohteen tilavaateet (mihin tiloja käytetään).
2. Määritellä eri tilojen valaistustason tarve (Lx-taso, valonjako, värintoisto).
3. Määritellä turvallisuuden vaatimukset valaistuksen suhteen (poistumisvalaistus, riskialttiin työn valaistus, varmennettujen valaisimien määrä)
4. Valita/mitoittaa kohteelle sopivat valaisimet, jotka täyttävät kolme edellistä kohtaa ja mekaaniset tilavaatimukset.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

5. Valita/sijoittaa valaisimet suunnitelmiinsa kohteeseen siten, että ne ovat turvallisesti ja käytännöllisesti huollettavissa.
 6. Pyrkiä ympäristöystävälliseen ratkaisuun
 7. Toteutuksen kustannukset
- Lähtötietoina määrittelyihin tulee käyttää sopimusta aina kun mahdollista

2.2 Valaistustasojen mitoitus

Työpaikkojen valaistukselle on standardien määrittelemät laadulliset ja määrälliset vaatimukset. Paras tapa varmistaa, että toteutus noudattaa näitä vaatimuksia on suorittaa mallintava laskenta. Mallintavaa laskentaa varten on suositeltavaa käyttää valaistussuunnitelmaohjelmia kuten Dialux, Calculux tai OptiWin. Useimpiin valaistussuunnitteluohjelmiin voi suunnitelman pohjaksi lisätä arkkitehtikuvan, mikä nopeuttaa suunnitelman rakentamista huomattavasti.

2.2.1 Laskenta ja mallinnus

Valaistussuunnittelijan on suunnitelmassa käytettävä alenemakerrointa /2/, jolla saadaan uudet valaisimet tarkemmin mallinnettua niiden tehon mukaisiksi, mitä valaisimet tuottavat usean vuoden käytön jälkeen siinä ympäristössä. Alenemakerroin on usein määritelty sopimukseen, tai se on määriteltävä asiakkaan kanssa esitietojen pohjalta. Valaistussuunnittelijan tulee esittää suunnitelmassaan perustelut tämän kertoimen muodostukselle (lampun valovirran pienentyminen lamppuvaihtoväli, liitäntälaitte, ympäristö ja valaisimen ja tilan puhdistusväli). Nämä perustelut tulee sisällyttää myös huolto-ohjeeseen. Oletusarvo tälle kertoimelle on esimerkiksi Dialux-ohjelmassa 0,8. Esimerkiksi Skoghallin valaistusmitoitus toteutettiin kertoimella 0,65. Loiste- ja muiden purkauslamppujen valovirran alenema vaihtelee lamppulajin ja tehon mukaan loppuunpalamisien aikana 10 - 40 % uuden lampun valovirrasta. Tietoja valitun lampun valovirran pienemisestä on yleensä saatavilla lamppujen valmistajilla.

Esimerkiksi Dialux- valaistussuunnitteluohjelmaan on määritelty sovellusesimerkit alenemakertoimesta seuraaville tilanteille:

- Erittäin puhdas huone, vähäinen käyttö...0,8
- Puhdas tila, kolmivuotinen huoltoväli...0,67
- Valolaitteisto sisällä tai ulkona, erittäin likainen...0,5

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Valaistuslaskelma ohjelmilla on helppo tehdä 3D-malli mitoitettavasta tilasta, ja tätä mallia on helppo verrata kyseisen tilan PDMS-malliin, jotta saadaan varmistettua mallin paikkaansa pitävyyttä. Kaikkia kattilarakennuksen tilojen objekteja ei ole käytännöllistä lisätä valaistusmalliin, mutta valaistukseen vaikuttavat ja valaistavat esteet, kuten pilarit, on syytä mallintaa.

Kattilarakennuksen tasoista tulee pyrkiä valaisemaan riittävästi ja tasaisesti kulkureitit, kulkuesteet ja työpisteet. Käytännöllistä ei ole pyrkiä valaisemaan jokaista sisätilan pistettä. Esimerkiksi nuohoimien alapuolinen rutilä on syytä jättää suunnitelmaan mitoitettavasta alueesta pois.

Valaistumääräyksien mukaisesti on suunnitelman täytettävä vähintään *taulukon 2.1* vaatimusarvot. Niiden mitoittamiseksi laskentaohjelmaan tulisi määritellä vähintään seuraavat:

- määrittele yleisille kulkureiteille laskenta-alueet (yleistasoksi rutilätason kulkualueen mukainen alue)
 - tämän alueen keskimääräisen luksitason on ylitettävä *taulukon 2.1* arvo
- määrittele työpisteet ja niiden välittömät lähiympäristöt laskentaan (sopimuksesta)
 - tämän alueen keskimääräisen luksitason on ylitettävä *taulukon 2.1* arvo ja tasaisuuden määräykset (kts kappale 2.2.2)
- sijoita laskentaohjelman UGR-katsojia/mittareita mielivaltaisiin pisteisiin kulkureiteille ja työpisteille saadakseen UGR-arvon selville (suuntaamaan kulkusuuntaan ja oletettuun työtehtävän näkötehtävän suuntaan)
 - ohjeita UGR-arvon pienentämiseksi kappaleessa 1.3.1

Turvavalaistuksen riittävyys on helppo tarkistaa sisällyttämällä turvavalaistustilanne Dialux -valaistussuunnitteluohjelmassa normaalin valaistustilanteen rinnalle. Suunnittelijan tulee vain luoda suunnitelmaansa hätävalaistustilanteen ja määritellä valaisimista ne, jotka toimivat varmennetulla syötöllä. Tähän pitää kuitenkin huomioida projektiin ennakkoon arvioidun suhteen kaikkien valaisimien ja turvavalaisimien määristä. Kuten tässä ohjeessa aikaisemmin mainittiin kappaleessa 1.2.2, on varmennettujen valaisimien määrä kaikista 200 lx-tasolla joka kolmas, ja 300 lx-tasolla on varmennettuja joka neljäs. Kaikkiin valaisimiin ei huomioida tässä ”vihreitä juoksijoita”.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

2.2.2 Työtasot

Valaistussuunnittelija on määriteltävä valaistussuunnitelmaansa sopimuksen mukaiset tai erikseen projektissa sovitut työalueet/prosessialueet (s), joissa näkötehtäviä suoritetaan, ja niitä ympäröiviä vähintään 0,5 m levyinen välitön lähiympäristö. Työalueilla tarkoitetaan pisteitä, joissa suoritetaan työtehtäviä ajoittain tai säännöllisesti. Työalueilla tarkoitetaan esimerkiksi kattilarakennuksessa koneistojen käyttöpisteitä. Työalue ei kuitenkaan tarkoita yksittäisen mittarin luentapistettä eikä pisteitä, joihin valaistuksen asennus ei ole mahdollista, kuten kuljettimien puhdistusluukut.

Työalueiden valaistustason on noudatettava *taulukon 2.1* vaatimuksia tilaa koskien ja lisäksi valaistuksen tasaisuuden E_m/E_{min} on oltava vähintään 0,7 ja välittömän lähiympäristön vähintään 0,5. Eli kyseessä on keskimääräisen valaistuksen suhde pienimpään valaistukseen.

Mikäli työtasoja ei ole etukäteen määritelty tulee suunnittelijan konsultoitava käyttöpalveluiden asiantuntijoita ja layout suunnittelijoita, mitkä voivat olla työpisteitä. Esimerkiksi projektille mahdollisia työpisteitä ovat:

- Kompressorien käyttöpisteet
- Analysaattorit
- Analysaattorihuone
- Näyteasema
- Palamisilmapuhaltimien käyttöpisteet
- Sekundääri- ja tertiääri-ilmasuuttimet
- Paikalliset pinnanmittaukset (näkölasi)
- Polttimet ja poltinohjauskotelot
- Lipeäruiskut
- Sularännit
- Kuljettimien huoltopisteet
- Prosessin turvalliseen käyttöön liittyvät venttiilit
- Tuloilmakoneistot
- Sähkötilat
- Valvomon työpisteet
- Ohjelmointitila

Edeltävän listan mukaiset työpisteet tai siitä poikkeavat on huomioitava projektikohtaisesti

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

2.2.3 Mitoitustasot

Valaistustasosta sovittaessa on määriteltävä missä tämä mitoitettava pinta sijaitsee. Kulkureittien valaistuksen mitoitettava alue tulisi olla keskeisimmillä kulkuväylillä vaikka ritilätason mukaisesti.

Ellei projektissa toisin sovita, tulee valaistuksen tason mittauksessa suunnitelmissa ja tarkistusmittauksissa käyttää metrin (1 m) tasoa yleisalueilla ja poistumisvalaistuksessa lattiatasoa. Työpisteiden mitoitustaso tulee sijoittaa suunnitellun työtehtävän korkeudelle ja sen mukaiseksi.

Taulukko 2.1 Standardien vaatimukset valaistuksen määrän ja laadun suhteen

Valaistustasovaatimukset EN 12464-1 / ISO 8995				
Kategoria	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m [lux]	UGR	R_a
Liikennealueet	Liikennealueet ja käytävät	100	28	40
Liikennealueet	Portaikot, liukuportaat, kuljettimet	150	25	40
Liikennealueet	Ajoliuskat, lastausalueet	150	25	40
Lepohuoneet, yms	Kahvihuoneet	200	22	80
Lepohuoneet, yms	Vaatehuoneet, pesutilat, WC:t	200	25	80
Valvomot	Talotekniset tilat, sähkötilat	200	25	60
Varastot, yms	Varastotilat	100	25	60
Kemian teollisuus, yms.	Kauko-ohjatut prosessit	50	-	20
Kemian teollisuus, yms.	Prosessit, satunnainen miehitys	150	28	40
Kemian teollisuus, yms.	Jatkuvasti miehitetyt työpisteet	300	25	80
Voimalaitokset	Polttoainekenttä	50	-	20
Voimalaitokset	Kattilarakennus	100	28	40
Voimalaitokset	Konehallit	200	25	80
Voimalaitokset	Aputilat, pumppuh., jakokesk., jne	200	25	60
Voimalaitokset	Valvomot	500	16	80
Voimalaitokset	Kytkinlaitteet ulkona	20	-	20
Toimistot	Toimistot yleisesti	500	19	80

, jossa

E_m on valaistusvoimakkuuden huoltoarvo (v)

UGR on kiusahäikäisyn maksimiarvo (f)

R_a on värintoistoindeksin minimiarvo

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

2.3 Valaisinvalinnat

Valaisin valinnassa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin tekijöihin:

- Mahdollinen asiakkaan vaatimus
- Valaistuksen mitoitusaste
- Valaistavan tilan korkeus (Suurpainenatrium valaisimet ei soveliaita mataliin tiloihin suuren häikäisyn takia)
- Suojausluokitus (I-, II- vai III-luokan valaisin)
- Ympäristö
 - Koteloluokitus (yleisesti käytetään IP-54 missä tilavaatimus ei ylitä sitä)
 - Tilan EX-luokitus
 - Vaaditaanko EX-luokiteltu valaisin ja minkä luokan
 - Kuinka suuri pintalämpötila sallitaan
 - Ympäristön lämpötila
 - Esim. loistevalaisimien tehollisuus ja elinikä kärsii korkeissa ympäristölämpötiloissa (käytettävä oletustaso 40 °C)
- Asennettavuus kohteeseen
- Taloudellisuus
- Sirpalesuojat (kuvallinen)
- Vakio käyttötehot
 - 2x58 W loistevalaisimet
 - 100 W suurpainenatriumvalaisimet

Kattilarakennukseen ei tasojen rakenteen takia ole käytännöllistä varustaa muuta kuin suoran valonjaon valaisimilla.

Valaisimilla tulee olla myös käyttöolosuhteiden mukainen luokitus. Normaalikäyttöön tarkoitetuilla ei ole erillistä tunnusta. Rajun käytön valaisimilla (k) on oltava siihen viittaava tunnus (kts. valaisin tunnukset)

Loistevalaisin

Loistevalaisimella on helppo suunnitella tasaisen valonjaon omaava työympäristö. Loistevalaisimet jakavat valoa laajalle alueella eivätkä täten aiheuta helposti häiritsevää häikäisyä. Loistevalaisimien heikkoutena verrattuna suurpainenatriumlamppuihin on kuitenkin valontuotto. Loistevalaisimien käyttö ei ollut enää kustannustehokasta tilassa, jossa valaisimien asennuskorkeus on yli 2,5 m. Ohjetta varten tehdyissä mitoituksissa totesimme, että 2,5 m asennetuilla loistevalaisimilla saa tarvittavan valaistusasteen aikaiseksi aina 400 lx-tasoon asti. Tämä taso vaatii kuitenkin hyvin paljon valaisimia.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Eli kattilarakennuksessa loistevalaisimia käytetään ainakin:

- Tiloissa, joissa valaisimien asennuskorkeus $h < 2,5$ m
- Tilat, joissa on matala lx-taso (alle 300 lx)

Suurpainenatrium

Suurpainenatriumlampuilla paras puoli on niiden suuri valoteho. Suurpainelamput tuottavat suhteellisen kapean valo kehän. Suuri valoteho on samalla myös niiden heikoin puoli. Jotta tämä tuotettu valokehä saadaan leviämään hieman, tarvitsevat suurpainelamput hieman korkeamman asennuskorkeuden kuin loistevalaisimet.

Aikaisemmin mainitussa valaistustasomittauksissa havaitsimme, että suurpainevalaisimien käyttö on suositeltavaa tiloissa, joissa asennuskorkeus on 2,5 m tai sen korkeampi. Mittauksissa havaitsimme, että 100 W suurpainevalaisimia voi käyttää jopa 2,2 m tuloissa, mutta tilan valaistuksen tasaisuuden suunnittelu on ongelmallista ja häikäisy saattaa luoda tilasta epämiellyttävän. Suurpainevalaisimilla on myös helpompi tuottaa valaistus teollisuustilaan, jossa vaaditaan korkeaa valaistustasoa eli 500 lx tai enemmän.

Suurpainenatriumvalaisimia käytetään, kun:

- Valaisimien asennuskorkeus $h > 2,5$ m
- Teollisuustilat joissa vaaditaan korkeaa valaistustasoa eli 500 lx tai enemmän

Huom. Suurpainenatriumvalaisimia tulee käyttää vain teollisuustiloissa eli emme käytä niitä toimistoissa valvomoissa yms.

Lx-tasoille 300-500 valaisin valinta tehdään tapauskohtaisesti.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Taulukko 2.2 Lamppujen hyötypolttoiät /16./

Lamppumallien keskimääräiset hyötypolttoiät	
Valonlähde	Hyötypolttoikä [h]
Loistelamput	
Loistelamppu (T5)	19 000
Täysvärioloistelamppu (T5)	17 000
Long-life -lamput (T5)	48 000
Pakkasloistelamput (T5)	48 000
Loistelamppu (T8) el.liit.	17 000
Loistelamppu (T8) kuristin	12 000
Long-life -lamput (T8) el.liit.	46 000
Long-life -lamput (T8) kuristin	60 000
Suurpainenatriumlamput	
STH "SON", pistokanta	9 000
Ellipsoidi- tai putkilokupu	16 000

2.3.1 Suojausluokat

Luokan 0 valaisin (sovelletaan vain kosketussuojaisiin valaisimiin)

Valaisin, jonka kosketussuojaus on peruseristyksen varassa. Tämä merkitsee, että valaisimessa ei ole mitään laitetta, jolla mahdolliset kosketeltavat johtavat osat voidaan yhdistää kiinteän asennuksen suojajohtimeen. Peruseristyksen vioittuessa turvallisuus riippuu ympäristöolosuhteista.

Luokan 0 valaisimessa on joko eristysaineinen kotelo, joka on peruseristyksen osa tai muodostaa sen kokonaan, tai metallinen kotelo, joka on erotettu jännitteisistä osista vähintään peruseristyksellä.

Luokan I valaisin

Valaisin, jonka kosketussuojaus ei ole pelkästään peruseristyksen varassa, vaan jossa lisäsuojauksena kosketeltavat johtavat osat yhdistetään kiinteän asennuksen suojajohtimeen siten, että kosketeltavat johtavat osat eivät voi tulla jännitteisiksi peruseristyksen vioittuessa. Taipuisalla liitäntäjohdolla varustetun valaisimen liitäntäjohdon yhtenä johtimena on suojajohdin. (luokan I valaisimessa voi olla osia, joissa suojaus sähköiskua vastaan perustuu suojajännitteeseen (SELV))

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Luokan II valaisin

Valaisin, jonka kosketussuojaus ei ole pelkästään peruserityksen varassa, vaan jossa käytetään lisäsuojauksia, esim. kaksois- tai vahvistettua eristystä. Valaisimessa ei ole suojamaadoitusmahdollisuutta, eikä turvallisuus riipu asennusolosuhteista. Tällainen valaisimella voi olla rakenteeltaan joko:

1. Kestävä yhtenäinen eristysaineinen kotelo, joka peittää kaikki metalliosat, lukuun ottamatta pieniä osia kuten ruuveja yms. ruuvit yms.)
2. Jokseenkin yhtenäinen metallikotelo, jonka sisällä on käytetty kauttaaltaan kaksoiseristystä, lukuun ottamatta niitä osia joissa on vahvistettua eristystä, koska kaksoiseristysten käyttö on selvästi mahdotonta.
3. valaisin joka on kohtien 1. ja 2. yhdistelmä

Jos lampun syttymistä pyritään helpottamaan maadoituksen avulla, mutta tätä maadoitusta ei yhdistetä valaisimen kosketeltaviin metallisosiin, valaisimen voidaan katsoa olevan edelleen luokkaa II. (luokan II valaisimessa voi olla osia, joissa suojaus sähköiskua vastaan perustuu suojajännitteeseen (SELV))

Luokan III valaisin

Valaisin, jossa suojaus sähköiskua vastaan perustuu suojajännitteeseen (SELV) käyttöön ja jossa ei synny suojajännitettä suurempia jännitteitä. HUOM. III valaisinta ei saa varustaa suojamaadoitusliittimellä.

2.3.2 Elektroniset liitäntälaitteet (loistevalaisimet)

Liitäntälaitteet vaikuttaa valitun valaisimen kokonaistehoon, tehohäviöiden määrään, palamisvirtaan, syttymisvirtapiikin keston ja suuruuteen. Liitäntälaitteella tarkoitetaan yleisesti laitteista, joilla purkauslamput liitetään verkkoon. Loistevalaisimille on käytettävissä konventionaalisia liitäntälaitteita ja elektronisia liitäntälaitteita. Konventionaaliset liitäntälaitteet ovat tavallisia rautasydämiä kuristimia, jotka tarvitsevat erillisen hohtosyöttimen ja mahdollisesti kompensointikondensaattorin. Elektronisilla liitäntälaitteilla valaisimen sytytys ei tarvitse erillisiä laitteita. Elektroniset liitäntälaitteet myös nostavat valaisimen käyttämän jännitteen taajuuden niin korkeaksi, että ne käytännössä poistavat stroboskooppi-ilmion ja sytytyksen välkynnän.

Kattilarakennuksen valaistusta sytytetään harvoin ja pitkiä aikoja kerrallaan. Tällaiseen ympäristöön on myös soveliasta valita kylmäsytyksellä varustettuja liitäntälaitteita.

Valaisimien tehokerrointa on myös hyvä parantaa elektronisella liitäntälaitteella. Jos valaistukseen valitaan valaisimet kuristimilla, tulee varmistaa loistehon kompensointi.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Liitäntälaitteiden heikkoutena on sen hankintahinta ja sen aiheuttamat jännitepiikit. Hankintahintaa ne kuitenkin hankkivat takaisin pienennetyn tehon kautta. Liitäntälaitteissa syntyy kuitenkin aina käynnistettäessä jännitepiikki, ja tämä tapahtuu kaikissa ryhmän valaisimissa yhtä aikaa. Tämä on otettava huomioon mitoittaessa valaisinryhmien syöttöä ja suojausta. Aihe on käsitelty tarkemmin kappaleessa 4.1. Elektronisen liitäntälaitteen valintaa rajoittaa niiden soveltuvuus korkeisiin ympäristön lämpötiloihin. Tämä kannattaa tarkistaa valaisinvalintaa tehdessä.

Elektronisten liitäntälaitteiksi valaisinvalmistajat ilmoittavat

- n. 30 % pienempi energian kulutus
- lamppujen huomattavasti pidempi elinikä
- pitempi huoltoväli (ei vaihdettavia sytyttimiä, lamppujen elinikä)
- vanhentuneiden lamppujen poiskytkentä (lampunpitimet eivät tuhoudu)

2.4 Valaisinluettelo

Valaisin luettelosta on käytävä seuraavat asiat ilmi:

- Valaisimen positio
- Valaisimen valmistaja
- Valaisin tyyppi
- Teho
- Määrät tasoittain
- Asennustavat

2.5 Aikataulu

Aikataulun perusmäärittely on tehtävä laatujärjestelmään kuvatun mallin mukaisesti.

2.6 Valaisimien EX-määrittely

Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteille on myös käytössä ryhmäluokitus, mutta tämä jakaantuu vain ryhmään I ja II, joista ryhmän I sähkölaitteet on tarkoitettu kaivoskaasulle alttiisiin tiloihin. Ryhmä II voidaan jakaa alaryhmiin, ja näitä alaryhmiä on käytössä myös kattilarakennuksessa, joten valaisimiksi on valittava tarvittaessa niiden mukaiset.

Erillisessä suunnittelussa on määritelty kattilarakennuksen tiloille räjähdysvaaralliset tilaluokitukset. Tähän kappaleeseen on kuitenkin kerätty standardien esittämät

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

tilaluokitukset niiden ymmärtämisen helpottamiseksi. Tilaan valittavan valaisimen on vastattava mahdollisesti tarvittavaa Ex-luokitusta tilaluokaltaan ja lämpötilaluokaltaan.

2.6.1 Pöly- ja kaasuräjähdyksivaaralliset tilaluokitukset

Luokka 0:

Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseosta esiintyminen on yleistä. Merkintä atex-arvokilvessä 1.

Luokka 1:

Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoinen ilmaseoksen esiintyminen on satunnaista. Merkintä atex-arvokilvessä 2.

Luokka 2:

Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on harvinaista ja lyhytaikaista. Merkintä atex-arvokilvessä 3.

Luokka 20:

Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on yleistä. (tätä esiintyy säiliöiden putkien ja laitteiden sisällä). Merkintä atex-arvokilvessä 1.

Luokka 21:

Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy satunnaisesti. (tähän tilaluokkaan kuuluvat tilat, joissa käsitellään jauheita tai siellä esiintyy pölykerroksia, jotka voivat muodostaa ilman kanssa räjähdyskelpoisen seoksen.). Merkintä atex-arvokilvessä 2.

Luokka 22:

Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalissa käytössä on harvinaista ja lyhyt aikaista. (tähän tilaluokkaan kuuluvat tilat, joiden läheisyydessä on laitteita, jotka sisältävät pölyä, eivätkä ne ole tiiviitä.). Merkintä atex-arvokilvessä 3.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	


Pölykerrokseen on standardien mukaan suhtauduttava kuten mihin tahansa pölyn päästölähteeseen.

Normaaliin käyttöön katsotaan kuuluvan myös mahdolliset tekniset häiriöt.

2.6.2 Ex-laitteiden merkinnät

Uuden ATEX-direktiivin mukaan Ex-laitteissa on oltava seuraavat merkinnät:

1. valmistajan nimi ja osoite
2. CE-merkki
3. Sarja- tai tyyppimerkintä
4. mahdollinen sarjanumero
5. valmistusvuosi
6. räjähdysuojauksen erityismerkintä, EEx, jonka perässä on räjähdysryhmän ja laitetunnus sekä ryhmään II kuuluvien laitteiden osalta kirjain G (kaasut ja höyryt) ja/tai kirjain D (pölyt)

Esimerkiksi:  II 2 GD
eli Ex-tilan valaisin, jonka suojausluokka räjähdysvaarallisissa tiloissa (ei kaivos) on 2 (luokat 1 ja 2 sekä 21 ja 22) pöly- ja räjähdysvaarallisten nesteiden ja kaasujen tilaluokkiin
Lisätietoja Ex-merkinnöistä liitteessä A

Ex-tilojen valaisimet tulee valita toimittajalta, joka ilmoittaa valaisimen yhteydessä edeltävien merkintöjen lisäksi:

- Suurin sallittu ympäristön lämpötila
- Valaisimen lämpötilaluokka joko luokituksella T1-T6 tai asteina

HUOM. Valittaessa Ex-tilaan yhdistelmä valaisimia on huomioitava myös vaihtoehtoisen osan suurin sallittu ympäristön lämpötila ja pintalämpötila, mikäli ne poikkeavat pääosasta.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

Taulukko 2.3 Ex-laitteiden lämpötilaluokat

Syttymisryhmä	Valaisimen suurin sall. pintalämpötila
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

(IIA, IIB, IIC) Kirjainlisämerkinnät kuvaavat räjähdysuojusrakenteiden Exd jaExi rakenteellista ominaisuutta, joka Exd:llä viittaa suurimpaan sallittuun kotelon rajakokoon ja Exi:llä pienimpään syttymisvirtaan. Palavat nesteet ja kaasut on jaettu vastaavalla tavalla

Eri räjähdysryhmiä edustavat seuraavat testikaasut:

- Ryhmä IIA: propaani-ilmaseos
- Ryhmä IIB: eteeni-ilmaseos
- Ryhmä IIC: vety-ilmaseos

2.6.3 Valaisimen Ex-mitointi

Valaisimesta tulee kotelointisuojauslaskun lisäksi varmistua sen vaikutuksesta ympäristöönsä. Valaisin saattaa luoda vaarallisen tilanteen jos sen liian suuri pintalämpötila pystyy sytyttämään ympäröivän pöly-ilmaseoksen tai se pystyy lämmittämään liikaa sen päälle kertyvää pölyä. Ex-tiloihin valittaessa valaisimia tulee tarkistaa, että niiden pintalämpötilat on sopivia luokiteltuihin tiloihin. ATEX-dokumentaatiosta tulee tarkistaa arvioitujen pölyjen koostumus. Yleisesti ne ovat kattilan käyttämän polttoaineen ja ilman seoksia. Tämä on kuitenkin tarkistettava aina.

Suurin sallittu pintalämpötila on mitoitettava varmistuskertoimella. Valaisimen pintalämpötila saa olla enintään 2/3-osaa kyseessä olevan pöly-ilmaseoksen syttymislämpötilasta. Pintalämpötilan on myös oltava 75 K alempi kuin kyseisen pölyn 5mm kerroksen syttymislämpötila.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by Timo Myllyniemi

Doc. ID

Project name

Date

Subject

Projektien valaistus

Revision 0

Ext. doc. ID

Esimerkki:

Kattilarakennuksen polttoaineena käytetään turvetta. Ex-tilaan valitaan valaisinta. Turpeen pöly-ilmaseoksensyttymislämpötila on 480 °C ja pölykerroksen 320 °C, jolloin valaisimen suurin sallittu pintalämpötila voi siis olla:

Pölyilmaseoksen takia:

$$T_{\max} = \frac{2}{3} * 480^{\circ}C = 320^{\circ}C$$

5mm pölykerroksen takia:

$$T_{\max} = 320^{\circ}C - 75K = 245^{\circ}C$$

Eli valaisimen pintalämpötila voi siis olla korkeintaan 245 °C

Pölyaineksien luomat lämpötilavaatimukset kannattaa tarkistaa ATEX-dokumentaatiosta tai työterveyslaitoksen ATEX-foorumin sivuilta:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Lisatietoa+palveluista/Tyoturvallisuus/Atex-foorumi>

3 HANKINTAERITTELYPOHJA

Hankintaerittelylle määritellä pohja myöhempään versioon.

3.1 Vaateet CE-merkintä dokumentaatiosta eri osapuolilta

Vaatimuksenmukaisuusvakuutusta varten on kerättä aineistoa valaisintoimittajilta, keskustoimittajalta ja urakoitsijoilta.

3.1.1 Valaisintoimittaja

Valaisin toteutuksesta on kerättävä vaatimuksenmukaisuusvakuutusta varten seuraava dokumentaatio:

- Vaatimuksenmukaisuusvakuutus valaisimien valmistajilta
 - LVD (Low Voltage Directive) -pienjännitedirektiivin todistus
 - ATEX-direktiivin todistus

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

3.1.2 Keskustoimittajalta

- Vaatimuksenmukaisuusvakuutus keskuksien valmistajilta
 - LVD (Low Voltage Directive) -pienjännitedirektiivin todistus
 - ATEX-direktiivin todistus
 - EMC-todistus

3.1.3 Urakoitsijalta

- Asennuksen vaatimuksen mukaisuusvakuutus sisältäen urakoitsijan toimittamat komponentit ja keskuksat
- Komponenteista ja keskuksista on kerättävä alla mainitut todistukset jos komponenteilta sitä vaaditaan:
 - LVD (Low Voltage Directive) -pienjännitedirektiivin todistus
 - ATEX-direktiivin todistus
 - EMC-todistus

4 ASENNUSSUUNNITTELU

Valaistuksen valoympäristön mitoituksen lisäksi suunnittelijan tulee suunnitella valaistuksen sähköistys.

4.1 Syötöt ja suojaukset

Hyväksi syöttömalliksi on aiemmista projekteista todettu 3x16A syöttöjen käyttämistä. Johdonsuojakatkaisijan mallin valinta tulee aina kuitenkin tehdä projektikohtaisesti.

Valaistuksen sähköistystä suunniteltaessa on syytä tarkistaa valitun syötön suojauksen riittävyys laskemalla. Valaistusryhmien johdotuksien mitoituksessa ensimmäiseksi rajoittavaksi tekijäksi ilmeni tarkistuslaskuissa oikosulkuvirta. Jännitteenalenema ei siis normaali olosuhteissa rajoita kattilarakennuksen valaistusryhmien johdinpituuksia. Mikäli keskusta edeltävä impedanssi ei ole täysin normaalista poikkeava ($Z_k < 2 \Omega$), on silloin mahdollista syöttää valaistusryhmää:

Suojaukselle $2,5\text{mm}^2$ MMJ ryhmäjohdolla maksimi pituus:

B-käyrän johdonsuojakatkaisijalla pituus voi varovaisesti mitoitetuna olla 140 m
C-käyrän johdonsuojakatkaisijalla pituus voi varovaisesti mitoitetuna olla 70 m

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

Valittu suojausmalli ja kattilarakennuksen koko määrittelee onko tarvetta käyttää alakeskuksia valaistuksen syöttöön.

Suojauksen suunnitteluun on kuitenkin otettava huomioon valaisimien elektronisten liitälaitteiden kondensaattorien aiheuttama virtapiikki käynnistyksessä. Virtapiikin koko riippuu ainoastaan liitälaitteen rakenteesta. Tämä voi laukaista suojauksen, jonka takia osa valaisinvalmistajista suosittelee suojauksessa käytettäväksi C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoita. Huonona puolena on C-tyyppin johdonsuojakatkaisijan tarvitseman korkeamman toimintavirran rajoittama johdotuksen pituus.

Valaisinvalmistajien (Idman ja Fagerhult) mukaisten tietojen mukaan johdonsuojakatkaisijalla varustetuilla valaistusryhmille suurimmat yleiset loistevalaisimien ryhmäkoot ovat taulukon 4.1.1 mukaisia. Taulukon ryhmäkoot ovat yleisten liitälaitteiden mukaisia, mutta vaativimmilla laitteilla voi kasvattaa ryhmäkoon jopa 1,5-kertaiseksi. Tämä aiheuttaa kuitenkin lisää hankintakustannuksia. Projektikohtaisesti kannattaa kuitenkin varmistaa liitälaitteentoimittajan tiedot hankittavan laitteen suurimmasta sallitusta ryhmäkoosta.

Taulukko 4.1 Idmanin ja Fagerhultin suosittelemat yleiset ryhmäkoot loistevalaisinryhmille/16/

Automaattisulakkeiden sallimat ryhmäkoot	
Teho	Valaisimia ryhmässä
C-tyyppin johdonsuojakatkaisijalla	
2x18 W	41
2x36 W	28
2x58 W	12
B-tyyppin johdonsuojakatkaisijalla	
2x18 W	24
2x36 W	16
2x58 W	7,2
Parhailla liitälaitteilla ryhmä koko on noin 1,5-kertainen	

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

4.1.1 Massoitus

Tavoitteena on rakentaa materiaalien laskentajärjestelmä tai taulukko johon lähtötiedoiksi laitetaan kattilan kapasiteetti ja mitoittavat lx-tasot. Lisäksi toinen laskentamalli tarvitaan sähkötiloja ja muita aputiloja varten joissa lähtötietoina on tilan koko ja lx-taso. Nämä laskentatasot antavat valaisin määrät, jonka perusteella järjestelmä laskee asennusmateriaalmäärät ja kaapelipituudet eriteltyinä yleis- ja turvavalaisituksen osalta.

4.2 Valaistuksen UPS-mitoitus

Varavalaistukselle tulee perussuunnittelun mukaisesti hankkia valaisimet, joissa on varmennettu syöttö (akut) tai on mitoittava UPS valaistusryhmille. Kuten aikaisemmin mainitussa mallimitoituksesta (kappaleessa 1.2.2) esitettiin. Tarvitaan varmennettuja valaisimia vähintään 15 % kaikista valaisimista tai vähintään 8 kpl noin 300 m² ritilätasolle. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jokaiselle tasolle tulee yksi ryhmä varmennettuja valaisimia.

Thorn 2x58 W valaisimilla tämä tarkoittaisi, että tasoa kohden tarvitaan n. 1 kW eli 1,1 kVA varmennettua syöttöä. Kattilarakennuksessa, jossa on yhteensä yhdeksän tasoa, tarvittava teho olisi $9 * 1,1 \text{ kVA} = 9,9 \text{ kVA}$ varmennettujen valaisimien syötölle. (tehot valaisimien yhteinen teho otettu valaistussuunnitteluohjelmasta)

Tähän tulee kuitenkin lisätä ”vihreiden juoksijoiden” kuluttama energia. Kattilarakennuksen rakenne vaikuttaa paljon tarvittavien vihreiden juoksijoiden määrään (kts. kappale 1.3.2.1 poistumistievalaistus). Tarkempaa mitoitusta varten tulisi olla ainakin luonnokset tiloista, joiden perusteella tarvittavan määrän niitä voi määrittellä.

4.3 Kaapelointi

Useassa kotimaisessa projektissa (mm. Kokkola, Pellos ja Savo) on käytetty ja hyväksi todettu hoitaa isojen valaistusryhmien syöttö johdotuksella 5x2,5mm² MMJ, tällöin saamme riittävän johtimen poikkipinta-alan syötölle, valaisimien syötön kolmeen vaiheeseen, mikä vähentää stroboskooppi-ilmiötä, ja symmetrisemmän kuormituksen vaiheiden välille.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Asennussuunnittelu on tehtävä noudattaen voimassa olevien palosuojausmääräyksien mukaisesti. Tämä pitää sisällään ainakin seuraavien asioiden huomioimisen:

- Palovaaralliset tilat
- Läpiviennit
- Uppoasennukset / palonkestävät kaapelit
- Mekaaniset ja sähköiset suojaukset

Turvavalaisituksen kaapelointia ei saa viedä räjähdysvaarallisten (Kts. tilaluokitus) tilojen kautta.

4.4 Sytytys ja muut periaatteet

Metso Powerin vakioratkaisuksi on valittu jo useassa projektissa käytetty sytytys pää- tai alakeskuksesta kytkimellä. Ulkovalaistusta ohjataan vakioratkaisussa keskusohjauksen lisäksi hämäräkytkimellä. Hämäräkytkimen käyttöä kannattaa myös harkita läpinäkyvillä kuorilla ja kuorettomissa kattilarakennuksissa.

Pääkaaviomallit lisätään myöhemmin.

5 ASENNUSOHJE

Käytetään valaisinvalmistajan toimittamaa asennusohjetta.

Ex-tilojen valaisimien läpivientien on säilytettävä valaisimien koteloiden tiiveys.

5.1 Perusohjeet eri asennustavoille

Projektissa tulisi kuitenkin käyttää valitun valaisintoimittajien asennusohjeiden mukaisesti.

5.2 Kytkentä

Kytkentä on suoritettava valitun johdinkoon läpijohdotuksella. Pistotulpilla asennetaan vain asiakkaan niin vaatiessa.

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

6 ASENNUSTARKASTUSOHJE

Kattilarakennukset ovat yleisesti luokiteltava Kauppa- ja Teollisuus ministeriön päätöksen 517/1996 mukaisesti sähkölaitteisto luokkaan 2 (kts. *taulukko 6.1*). Joidenkin projektien tiloja saatetaan kuitenkin luokita tilaluokituksella 3, joten tämä on tarkistettava projektikohtaisesti. Kattilarakennuksen valaistuksen asennukselle on siis myös samaisen päätöksen mukaisesti suoritettava käyttöönottotarkastukset, varmennustarkastukset ja määräaikaistarkastukset.

Taulukko 6.1 sähkölaitteistojen luokitukset /18/

Laitteistoluokka	Tarkastuksen kohde tai tila	Tarkastuksen tekijä	Tarkastusväli
Luokka 3	kemikaalilupaa edellyttävät räjähdysvaaralliset tilat lääkintätilat leikkaussaleja sisältävissä sairaaloissa ja lääkäriasemilla sekä verkkoyhtiöiden sähköverkot	<ul style="list-style-type: none"> • valtuutettu laitos • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja 	5 vuotta
Luokka 2	Suurjänniteliittyvät ja yli 1600 kVA:n pienjänniteliittyvät, muut lääkintätilat	<ul style="list-style-type: none"> • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja 	10 vuotta
Luokka 1	muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jossa pääsulakkeet tms. ovat yli 35 A (mm. julkiset rakennukset, liike-, teollisuus- ja maatalousrakennukset, ulkoilualueet) sekä ilmoituksenvaraiset räjähdysvaaralliset tilat	<ul style="list-style-type: none"> • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. (30.4.2004 asti myös sähköasennus-urakoitsija tai pätevyystodistuksen haltija) 	15 vuotta

Kattilalaitoksella kemikaalilupaa edellyttäviä räjähdysvaarallisia tiloja voivat olla mm. ammoniakkin varastointialue ja polttoainetarastoinnin käsittely tilat.

6.1 Käyttöönottotarkastukset

Tässä kappaleessa on esitetty määräykset, joita on noudatettava ainakin Suomessa. Mikäli projektin kohdemaassa on käytössä paikalliset lainsäädännöt sähköasennusten tarkastukselle, tulee niitä noudattaa ristiriitatilanteissa.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Kaikki sähköasennukset on tarkastettava silmämääräisesti (kts. 6.1.1) asennuksen aikana ja sen valmistuttua ennen käyttöönottoa. Lisäksi asennukselle on tehtävä testit (kts 6.1.2), joilla sen todetaan täyttävän standardin SFS 6000-6 vaatimukset.

Tarkastukset ja testaukset on toteutettava siten, ettei niillä aiheuteta vaaraa henkilöille eikä vahinkoa omaisuudelle ja asennetuille laitteille.

Vaatimuksien mukaisuus on todettava myös aina silloin kun olemassa olevaa asennusta laajennetaan tai muutetaan.

Tarkastuksen suorittajan tulee olla standardin SFS 6002 mukainen sähköalan ammattilainen tai opastettu henkilö.

Tarkastuksia on suositeltavaa sähköasennustyön edetessä. Esimerkiksi peittoon jäävät asennukset tarkastetaan ennen kuin ne peitetään. Tarkastuspöytäkirjaa täytetään sitä mukaa kuin tietty vaihe on suoritettu.

Testeistä on aina tehtävä tarkastuspöytäkirja.

Standardi suosittelee tarkastuspöytäkirjaan merkittäväksi ainakin seuraavat tiedot:

- Eristysresistanssinmittauksista kaikki mittaustulokset
- Silmukkaimpedanssimittauksista kaikki mittaustulokset
- Vikavirtasuojakytkimien testaustulokset
- Jatkuvuusmittauksista saatu huonoin arvo ja sen mittauspaikka
- Silmämääräisen tarkastuksen tarkastuskohteet

6.1.1 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräisesti on tarkastettava koko asennuksen vielä ollessa jännitteetön, että:

- Asennetut sähkölaitteet ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia (esim. valaisimen merkinnät ovat kyseiseen käyttöön tarkoitettuja)
- Sähköasennukset ovat määräysten ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja.
- Asennetut sähkölaitteet eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneet

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Silmämääräisessä tarkastuksessa on todettava standardien mukaan vähintään seuraavat kohdat:

- Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- Palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta testaamiseksi tehdyt toimenpiteet
- Johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteen aleneman kannalta
- Suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja sijoittelu
- Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- Sähkölaitteiden suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- Nolla- ja suojajohtimien tunnuksot
- Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. Tunnistettavuus
- Johtimien liitosten sopivuus
- Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila

6.1.2 Testaus

Käyttöönottotarkastuksessa tulee tehdä seuraavat testit ja mieluiten seuraavassa järjestyksessä:

1. suojajohtimien (maadoitusjohtimien, suojamaadoitusjohtimien, PEN-johtimien ja potentiaalintasausjohtimien) jatkuvuus
2. sähköasennuksen eristysresistanssi
3. (Selv- ja Pelv-järjestelmien tai suojaerotettujen piirien erotus)
4. syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
5. napaisuus (jos on käytetty kytkimiä ohjauksessa)
6. toiminta

jos jossakin testissä havaitaan vika, on testi ja sitä edeltävät testit, joissa saatuun tulokseen havaittu vika on voinut vaikuttaa, on toistettava korjauksien jälkeen.

1. suojajohtimien jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuus on testattava. Standardi SFS 6000-6 suosittelee testin suoritettavaksi käyttämällä syöttöä, jonka kuormittamaton jännite on 4-24V tasa- tai vaihtojännitteellä ja minimivirta on 0,2A. Jatkuvuusmittauksia varten on TN-S -järjestelmässä nollajohtimen ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys poistettava, jolloin saadaan selville myös nolla- ja suojamaadoitusjohtimien vaihtuminen keskenään. (testissä käytetyn virran on oltava niin pieni, ettei se aiheuta palo- tai räjähdysvaaraa)

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

2. asennuksen eristysresistanssi

Eristys resistanssi on mittava maan ja jännitteisten johtimien välillä jokaisessa valaistusryhmässä. Mittaus pitää suorittaa siten, että asennus on erotettu syötöstä. TN-C-järjestelmässä PEN-johdinta pidetään osana maata. Mittauksen aikana äärijohtimet ja nollajohtimet saa kytkeä yhteen.

HUOM. Elektronisella liitäntälaitteella varustettujen valaisimien eristysresistanssimittauksissa tulee ryhmän vaihe- ja nollajohdin kytkeä yhteen etteivät laitteet vaurioidu.

Taulukko 6.2 Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot /3/:

Virtapiirin nimellisjännite	Koejännite (tasajännite)[V]	eristysresistanssi [MΩ]
SELV ja PELV	250	≥0,25
enintään 500 V	500	≥0,5
Yli 500V		≥1,0

Mittaustulokset ovat tyydyttävät mikäli ne ylittävät taulukossa 6.3.1 annetut resistanssiarvot.

3. SELV- ja PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotus

SELV-järjestelmän mukainen jännitteisten osien erotus muista virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta todetaan mittaamalla eristysresistanssi. Näiden arvojen on oltava taulukon xx mukaisia.

PELV-järjestelmän mukainen jännitteisten osien erotus muista virtapiirien jännitteisistä osista todetaan mittaamalla eristysresistanssi. Näiden arvojen on oltava taulukon xx mukaisia.

Suojaerotuksen mukainen jännitteisten osien erotus mitataan samalla tavalla kuin SELV-järjestelmän osat.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

4. syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Kosketusjännitesuojausmenetelmän toiminta käytettäessä automaattista poiskytkentää tarkastetaan eri järjestelmillä seuraavasti:

TN-järjestelmä /3/

1. mittaamalla vikavirtapiirin impedanssin
2. vertaamalla saatuja arvoja suojalaitteiden asetteluarvoihin sekä testaamalla ominaisuudet (esim. vikavirtasuojakytkimet)

(TN-järjestelmässä riittää, että mitataan vikavirtasuojakytkimen testaamalla todetun toimintavirran olevan korkeintaan nimellisen toimintavirran suuruinen)

TT-järjestelmä /3/

1. mittaamalla asennuksen jännitteelle alttiiden osien maadoituselektrodin resistanssi
2. tarkastamalla käytetyn suojalaitteen ominaisuuden. Josta on tarkistettava:
 - a. vikavirtasuojakytkimien toiminta
 - b. ylivirtasuojille silmämääräisesti
 - c. suojajohtimille tarkastamalla niiden jatkuvuus

IT-järjestelmä /3/

Todennus suoritetaan laskemalla tai mittaamalla ensimmäisen vian aiheuttama vikavirta. Jos olosuhteet on toisen vian sattuessa TN- tai TT-järjestelmän mukainen on mittaukset tehtävä niiden mukaisesti.

(mittaus on tarpeeton, mikäli asennuksen kaikki jännitteelle alttiit osat on liitetty sähköverkon maadoitukseen ja järjestelmä on maadoitettu impedanssin kautta)

5. napaisuus

Koska yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty, on napaisuuden toteamiseksi varmistettava, että kaikki yksinapaiset kytkinlaitteet on kytketty vaihejohtimiin.

6. toiminta

Erilaisille järjestelmään asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus ja lukituslaitteille on tehtävä toimintatestit sen toteamiseksi, että ne asennettu ja säädetty oikein. Myös suojalaitteille on tehtävä tarpeen mukaan toiminnalliset kokeet. HUOM. Toimintakokeissa testataan myös vaihejärjestys.

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

6.2 Varmennustarkastukset

Kaikille sähkölaitteistoluokitetuille tiloihin tehdyille sähköasennus ja/tai yli 35 A muutostöille on suoritettava käyttöönottotarkastusten lisäksi varmennustarkastukset, jonka suorittaa puolueeton osapuoli (valtuutettu tarkastaja tai laitos) /18/.

Varmennustarkastuksessa todetaan, että urakoitsija on suorittanut asennukselle asianmukaisen käyttöönottotarkastuksen, ja varmistaudutaan sähköasennusten turvallisuudesta esimerkiksi pistokokein. Varmennustarkastuksissa tarkistetaan myös tarvittaessa asentajan oikeuden sähkötöiden tekemiseen /18/.

Tarkista tilaluokitus, sähkölaitteiston luokitus ja varmista projektissa ensimmäisen varmennustarkastuksen tekijä.

6.3 Määräaikaistarkastukset

Määräaikaistarkastuksissa on tarkoitus varmistua, että:

- sähkölaitteiston käyttö on turvallista, ja sille on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjeen mukaiset toimenpiteet
- Sähkölaitteiston käyttöön ja huoltoon tarvittavat laitteistot ja dokumentaatiot ovat käytettävissä
- Mahdollisista laajennus ja muutostöistä on olemassa tarkastuspöytäkirjat

Määräaikaistarkastuksien aikaväli sähkölaitteistoluokan 3 laitteistolle on 5 vuotta ja luokan 2 laitteistolle 10 vuotta.

Lakisääteinen velvollisuus tilata määräaikaistarkastus on sähkölaitteiston haltijalla (omistajan ellei muuta ole ennalta sovittu). Tarkastuksen suorittavat valtuutetut tarkastuslaitokset ja valtuutetut tarkastajat. Määräaikaistarkastuksesta tarkastaja tekee rekisteri-ilmoituksen jakeluverkonhaltijalle tai vaativissa kohteissa TUKESille /18/.

6.4 Valaistustason todennusohje

Valaistuksen vaaditut tasot on todennettava asennuksien jälkeen työmaalla. Valaistusasennuksen toteutusta on verrattava suunnitelmiin ja todennettava, että valaisinasennukset on tehty määräysten, standardien ja hyvän asennustavan mukaan. Toteutuksesta on myös verrattava asennettujen valaisimien tyyppin, lisävarusteiden, kiinnityksen ja asennustavan vastaavuutta suunnitelmiin.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Mikäli projektiin on toimitettu alihankittuna koneikkoja, joilla on oma valaistuksensa, on tarkistettava, että laitteen toimittaja on suorittanut heiltä vaaditut testaukset ja he ovat toimittaneet ohjeet testausta ja kunnossapitoa varten.

6.4.1 Yleisvalaistuksen ja työpistevalaistuksen testaus

Yleisvalaistuksen on täytettävä jo aikaisemmin esitetyt vaatimukset valaistusvoimakkuudesta, UGR-kertoimesta ja värintoistosta.

Valaistusvoimakkuus tulee testata luksimittareilla pistokokein useista pisteistä kulkureiteiltä, ja näistä on laskettava keskiarvo /1/. Tuloksien tulee vastata valaistussuunnitelman laskelmia eikä se saa alittaa standardien /1,2/ antamia arvoja. Lisäksi pitää silmämääräisesti tarkistaa, ettei mikään kulkuun vaikuttava este jää valaisematta.

UGR-kertoimen varmentamiseksi tulee tarkistaa, että valaisimien sijoitus ja pintojen materiaalit ovat suunnitteluoletuksia vastaavat. Silmämääräisesti on myös tarkistettava luoko kiusahäikäisy epämiellyttävän näkökentän ja vertaamalla sitä tässä ohjeessa esitettyyn UGR-*taulukkoon 1.1*. Silmämääräisessä tarkastuksessa tulee tarkistaa myös, ettei epätasaiset luminanssijakaumat aiheita näkökenttiin kohtia, joita ei voi erottaa.

Värintoiston todentamiseen riittää, kun tarkistaa, että valaisimien lampuissa on suunnitelmien mukaiset värintoistoindeksit, eikä suojakupu vaikuta värintoistoon.

Työpisteille on tehtävä kaikki edeltävät mittaukset ja niiden lisäksi tehtävä tarkemmat mittaukset suunnitelmiin määritellyillä työpisteillä. Valaistusvoimakkuuksien lukemien tulee vastata työalueella ja välittömässä lähiympäristössä suunnitelmia, jotta vaadittavat tasaisuudet saavutetaan.

6.4.2 Varavalaistuksen testaus

Poistumisjärjestelmän suunnitelmien ohella on toimitettava lokikirja jokapäiväisten tutkimuksien, testien, vikojen ja muutosten tallentamista varten. Tämä lokikirja on säilytettävä haltijan/omistajan nimittämän vastuuhenkilön huostassa ja sen on oltava kenen tahansa asianmukaisesti valtuutetun henkilön suorittamaa tutkimusta varten vaivatta käytettävissä. /7/

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Lokikirjaan on myös merkittävä poikkeamat tarkastuksista joihin kuuluu /7/:
Päivittäin:

- Silmämääräinen moitteettoman toiminnan tarkistus

Kuukausittain:

- Uloskäytäväkilville ja valaisimille on tehtävä akkujen toiminnan tarkistus simuloimalla normaalin syötön vikaantuminen riittävän pitkälle ajalle.
- Keskusakkujärjestelmille on edellisen testin lisäksi tarkistettava valvontalaitteiden moitteeton toiminta.
- Generaattorikoneikoille ensimmäisen kohdan lisäksi standardin ISO 8528-12 vaatimukset

Vuosittain (=kuukausittainen testi+):

- Valaisimien ja uloskäytäväkilpien akkujen testaus on suoritettava täyden mitoituksessa käytetyn kestoajan testi valmistajan antamien tietojen perusteella.
- Normaalin valaistuksen syöttö palautettava ja jokainen merkinantolamppu tai -koje on tarkastettava sen varmistamiseksi, että se osoittaa normaalin syötön palautumisen. Käytetyn latausjärjestelmän asianmukainen toiminta on tarkastettava.
- Testin suorituspäivämäärä ja tulokset lisättävä lokikirjaan

Generaattorikoneikoille varmistetaan standardin ISO 8528-12 vaatimukset

7 HUOLTO-OHJE

Valaistukselle on toimitettava huolto-ohje johon on kirjattu huoltosuunnitelma. Huoltosuunnitelmaan on kirjattu tarvittavat huoltotoimet, niiden suoritusajankohta ja suoritustapa, huoltotöiden suorittaja ja tarvittavat välineet. Huoltosuunnitelmaan tulee kirjata seuraavat asiat:

- Ohjeet valaistuksen kunnan seurantaan
- Vaihtolamppujen ja varaosien tekniset tiedot ja hankintaohjeet
- Lamppujen ja tarvittaessa sytyttimien laskettu vaihtoväli ja vaihtotapa
- Puhdistusaikaväli ja puhdistusohjeet
- Huollossa tarvittavat työkalut ja apuvälineet

Valaisinhuollon suunnittelussa on otettava huomioon valaistussuunnittelussa oletettu valovirran pieneneminen (huoltokerroin).

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

Lamppujen loppuun palamisikä ja hyötykäyttöikä

Lampun loppuun palamisikä

Lampun loppuun palamisikä tarkoittaa aikaa, jolloin kyseisen lamppumallin lamput on testien mukaan puolet palanut loppuun.

Loppuun palaneiden lamppujen tilalle on vaihdettava välittömästi uudet lamput. Tätä tulee kuitenkin ennakoida huoltosuunnitelmalla.

Ellei viollisia lamppuja vaihdeta ajoissa, saattaa myös sytyttimet ja liitäntälaitteet vaurioitua.

Tavallisesti valmistajat ilmoittavat loiste- ja muista purkauslamppuista hyötykäyttöikänsä. Hyötykäyttöikä tarkoittaa yleisesti saavutettua hetkeä, jolloin valaistusvoimakkuus on tilassa laskenut lamppuista johtuen 30 % (sisältäen valovirran aleneman ja kuolleisuuden).

Valaisimien ja lamppujen likaantuminen

Valaistuksen puhdistuksella on mahdollista säästää valaisin hankinnoissa. Oikein hoidetuilla puhdistuksilla voidaan päästä vaatimattomampaan Ex-tilaluokituksen ja siten säästää hankintakustannuksissa. Valaisimien puhdistusväleistä tulee sopia erityisesti teollisuus tiloissa, joissa ei ole räjähdysuojattuja valaisimia. Hyvin pölyisiin ja likaisiin tiloihin tulee valita pölynpitävät tai pölysuojaiset valaisimet.

Valaisimen rakenne vaikuttaa suuresti likaantumisalttiuteen. Läpituulettuvat valaisimet likaantuvat hitaammin kuin alta avoimet ja päältä suljetut valaisimet. Läpituulettuvat valaisimet kuljettavat pölyn ja lian, niin etteivät ne pääse laskeutumaan lampun ja valaisimen pinnoille.

Valaisin huollot

Valaistus pysyy lähellä uusarvoa, kun

- Yli-ikäiset ja palaneet lamput vaihdetaan ajoissa
- Valaisimille suoritetaan säännöllinen puhdistus
- Vioittuneet valaisimet joko korjataan tai vaihdetaan kokonaan uusiin

Valaistuksen suunnitteluohje / Projektointiohje

Prepared by Timo Myllyniemi
Project name Projektien valaistus
Subject Projektien valaistus

Doc. ID
Date
Revision 0
Ext. doc. ID

Lamppujen keskimääräinen pitoaika riippuu lampusta ja käytöstä. Tämä on kuitenkin helppo laskea seuraavalla kaavalla /15/:

$$t_p = \frac{zT_{50}}{t_k}$$

jossa

t_p lamppujen pitoaika vuosissa
 T_{50} lamppujen (50 %) loppuun palamisikä
 t_k lamppujen vuotuinen polttoaika
 z polttoajasta riippuva palamisiän kerroin

Lamppujen loppuun palamiskään vaikuttaa kuitenkin sytytyksien määrä. Tämä tulee ottaa kertoimena "z" mukaan määritettäessä lamppujen pitoaikaa. Eli harvemmin sytytettävillä lampuilla on pidempi odotettu palamiskä. ST-kortissa 96.35 on kaavio tämän kertoimen kehityksestä. Käyttökelpoiset kertoimet tuosta kaaviosta löytyvät taulukosta.

Taulukko 7.1 Suhteellisen loppuunpalamisiän käyttöarvot /15/

Polttoajan kesto	Loppuun palamiskerroin [z]
0,5 h	0,5
3 h	1,0
6 h	1,2
8 h	1,3

Lamppujen vaihdosta koituvissa kustannuksissa on mahdollisuus hoitaa se tehokkaammin suorittamalla kerralla asennukselle ryhmävaihdon, jossa kaikki laput vaihdettaisiin yhdellä kertaa ennalta määritellyin aikaväleihin. Tällöin on myös mahdollisuus pitää valaistus varmemmalla tasolla. On suositeltavaa määrittellä tämän toimenpiteen aikajaksoksi 80 % t_p lamppujen pitoajasta, jonka jälkeen palaneiden lamppujen lukumäärä lisääntyy voimakkaasti.

Ryhmävaihdoilla saadaan aikaan hyvä valaistusvoimakkuuden pysyvyys, koska lamput vaihdetaan aikaisessa vaiheessa. Lisäksi asennuksen ulkomuoto pysyy hyvänä, koska vältetään tummuneet loistelamppujen päät sekä luminanssierot uusien ja vanhojen lamppujen kesken.

Likaantumisen vaikutus eri tiloissa valaistukseen saadaan parhaiten selville mittauksin antamalla valaisimien likaantua alkuun esimerkiksi pari kuukautta. Tämän koejakson

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

vaikutuksien perusteella tarkennetaan jo mahdollisesti laadittua valaisimien puhdistussuunnitelmaa. Mikäli tarvittava puhdistusten aikaväli on pidempi kuin lamppujen ryhmävaihdon aikaväli, on käytännöllisempää lyhentää puhdistusten aikaväliä siten, että lamppujen ryhmävaihdon yhteydessä voidaan suorittaa myös valaisimien puhdistus ja huolto.

8 LUOVUTUSPÖYTÄKIRJAMALLI

Luovutuspöytäkirjamalli lisätään tähän kun sen sisällöstä on sovittu.

**Valaistuksen suunnitteluohje /
Projektointiohje**

Prepared by	Timo Myllyniemi	Doc. ID	
Project name		Date	
Subject	Projektien valaistus	Revision	0
		Ext. doc. ID	

LÄHTEET

Kattilarakennuksen valaistukseen pätevät teollisuuteen ja yleisiin työolosuhteisiin asetetut määräykset, joita on sovellettu tätä ohjetta laadittaessa. Merkittävimpiin standardeihin kuuluvat mm.:

1. ISO 8995 Lighting of indoor work places, 2002
2. EN -standardi 12464-1: Valo ja valaistus, työpisteiden valaistus, 2003
3. SFS-6000: Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus, 2005
4. SFS-käsikirja 140: räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennukset, 2004
5. EN -standardi 50281-1-2: Pölyräjähdysvaarallisten sähkölaitteet, 1999
6. EN -standardi 1837: Koneturvallisuus. Koneiden valaistus, 1999
7. EN -standardi 1838: Valaistussovellukset. Turvavalistus, 1999
8. EN -standardi 50172: Poistumisvalaistusjärjestelmät, 2004
9. EN -standardi 60598: Valaisimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset ja testit, 2005
10. EN -standardi 60079-14: kaasuräjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet, 2003
11. SSG 4451 -standardi (Lighting Guidelines for Planning, Sweden, 2003)
12. ANSI / IESNA RP-7-01. Recommended Practice for Lighting Industrial Facilities, 2001
13. ST-kortti 58.04 Valaistus. Yleisohjeet
14. ST-kortti 57.45 Valaisimen valinnan perusteet
15. ST-kortti 96.35 Valaistushuolto
16. ST-kortti 96.36 Valaistushuollon toimenpiteet
17. Valaisinluettelo: Fagerhult 2006 - 2007
18. Turvatekniikan keskuksen internetsivut (www.tukes.fi)
19. Valaisinvalmistajan internetsivut Idman: (www.idman.fi)
20. Valaisinvalmistajan internetsivut I-valo: (www.i-valo.fi)

Ristiriitaisissa tilanteissa valaistuksen suhteen standardeista pätevin on ISO 8995, johon myös standardi EN 12464-1 perustuu.

LIITTEET

Liite B Tutkimustulokset tason valaistussuunnitelmasta

Kattilarakennuksen tason valaistuksen mallinnuksia

Työn teettäjä: Metso Power Oy
Työn valvoja: Henri Montonen
Oppilaitos: Tampereen ammattikorkeakoulu

Päivämäärä: 13.04.2007
Tekijä: Timo Myllyniemi

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Sisällysluettelo

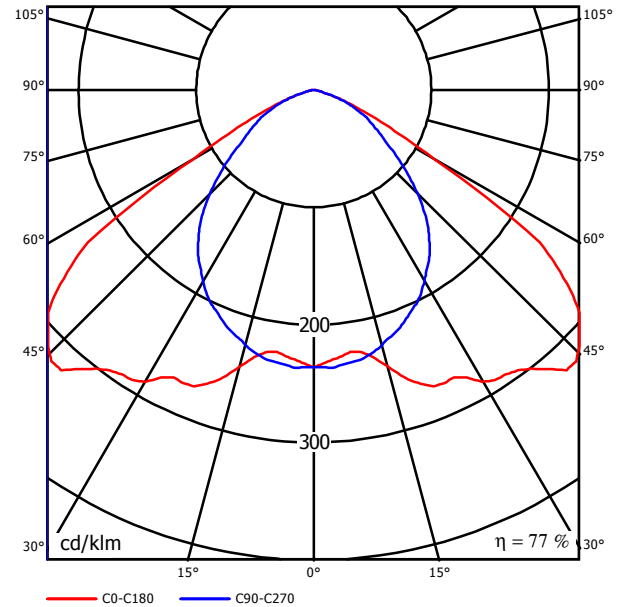
Liite B Tutkimustulokset tason valaistussuunnitelmasta	
Projektin etusivu	1
Sisällysluettelo	2
IVALO 6211/V3 Laajasäteilijä 100W ST E40	
Valaisintietoarkki	3
THORN 7297D 2X28W PC	
Valaisintietoarkki	4
Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W	
Valaisintietoarkki	5
Taso 35.400 vähintään 100 lx (2x58)	
Valaistustilanteet	
Normaali valaistus	
Yhteenveto	6
Tilan pinnat	
Ritilataso	
Isolux-käyrät (E, kohtisuora)	7
Taso 35.400 vähintään 200 Lx (2x58)	
Valaistustilanteet	
Normaali valaistus	
Yhteenveto	8
Tilan pinnat	
Ritilataso	
Isolux-käyrät (E, kohtisuora)	9
Turvavalaistus	
Yhteenveto	10
Tilan pinnat	
Ritilataso	
Isolux-käyrät (E, kohtisuora)	11
Varauloskäytävä 1	
Arvokaavio (E)	12
Taso 35.400 vähintään 300 Lx (2x58)	
Valaistustilanteet	
Normaali valaistus	
Yhteenveto	13
Tilan pinnat	
Ritilataso	
Isolux-käyrät (E, kohtisuora)	14
Taso 35.400 vähintään 400 Lx (2x58)	
Valaistustilanteet	
Normaali valaistus	
Yhteenveto	15
Tilan pinnat	
Ritilataso	
Isolux-käyrät (E, kohtisuora)	16
Suurpainenatriumien korkeusmitoitus (h= 2,5 m)	
Valaistustilanteet	
Normaali valaistus	
Yhteenveto	17
UGR-katsoja (tuloksien yleisnäkyvä)	18
Suurpainenatriumien korkeusmitoitus (h= 2,2 m)	
Valaistustilanteet	
Normaali valaistus	
Yhteenveto	19
UGR-katsoja (tuloksien yleisnäkyvä)	20

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

IVALO 6211/V3 Laajasäteilijä 100W ST E40 / Valaisintietoarkki



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 46 89
100 98 76

IP 64 ta -30°C...+40°C ST-100W-E40 6,0 kg

Nimellisvirta 0,6 A
Sytymisvirta 1,1 A

Asennus

- Asennuskorkeus 2 - 8 m.
- Valaisimessa sisäpuolinen kytkentätila -o- 5 x 2,5 mm².
- Vaihtoehtoisesti valaisin toimitetaan 1,5 m:n liitosjohdolla ja pistotulpalla varustettuna.
- Valaisin voidaan asentaa suoraan kattopintaan, ripustuskiskoon, seinään tai pylväsorkeen.
- Seinä- ja pylväskiinnitykseen saatavilla erilaisia asennustarvikkeita.

Rakenne

- Suljettu, pölysuotimella varustettu, paineкоestettu valaisin.
- Runko pursotettua ja epoksoitua alumiinia.
- Kupu karkaistua tasolasia.
- Kuvun kehukset ja sulkusalvat alumiinia.
- Kuristimessa ja kondensaattorissa ylälämpösuoja.
- Valaisin voidaan varustaa tarvittaessa lisälampulla (100W halogeenilamppu) ja lisäsytyttimellä, jotta valoa saadaan välittömästi sähkökatkon jälkeen.

Valaistu alue 1:

Häikäisyarvot UGR:N mukaan													
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρKatto													
ρSeinät		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρLattia		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tilan koko	X	Y	Näkökulma poikittain Lampun keskiiviivaan				Näkökulma pitkittäin Lampun keskiiviivaan						
2H	2H		30.5	31.8	30.8	32.0	32.3	26.8	28.1	27.1	28.3	28.6	
	3H		30.5	31.7	30.9	32.0	32.2	27.3	28.5	27.6	28.7	29.0	
	4H		30.5	31.6	30.8	31.9	32.1	27.3	28.4	27.6	28.7	29.0	
	6H		30.4	31.4	30.8	31.7	32.0	27.2	28.2	27.6	28.5	28.8	
	8H		30.4	31.3	30.7	31.6	32.0	27.2	28.2	27.6	28.5	28.8	
	12H		30.3	31.2	30.7	31.6	31.9	27.2	28.1	27.5	28.4	28.7	
4H	2H		30.9	32.0	31.3	32.3	32.6	28.4	29.5	28.8	29.8	30.1	
	3H		31.0	31.9	31.4	32.3	32.6	29.0	30.0	29.4	30.3	30.6	
	4H		31.0	31.8	31.4	32.1	32.5	29.1	29.9	29.5	30.2	30.6	
	6H		30.9	31.6	31.3	32.0	32.4	29.0	29.7	29.4	30.1	30.5	
	8H		30.9	31.5	31.3	31.9	32.3	29.0	29.6	29.4	30.0	30.4	
	12H		30.9	31.4	31.3	31.8	32.3	28.9	29.5	29.4	29.9	30.3	
8H	4H		30.9	31.6	31.4	31.9	32.4	29.0	29.6	29.4	30.0	30.4	
	6H		30.9	31.4	31.3	31.8	32.3	28.9	29.5	29.4	29.9	30.3	
	8H		30.8	31.3	31.3	31.7	32.2	28.9	29.4	29.4	29.8	30.3	
	12H		30.8	31.2	31.3	31.6	32.1	28.9	29.3	29.4	29.7	30.2	
	12H	4H		30.9	31.5	31.3	31.9	32.3	29.0	29.5	29.4	29.9	30.4
		6H		30.8	31.3	31.3	31.7	32.2	28.9	29.4	29.4	29.8	30.3
8H			30.8	31.2	31.3	31.6	32.1	28.9	29.3	29.4	29.7	30.2	
Valaisimen korkeus valaisimen etäisyyden tarkastamiseksi S													
S =		1.0H		+0.7 /	-0.9		+0.5 /	-0.4					
		1.5H		+2.0 /	-3.2		+1.5 /	-1.9					
	2.0H		+3.0 /	-6.5		+3.4 /	-4.9						
Vakio- Taulukot	BK01				BK02								
Korjaus- yhteensäätävä	12.1				9.9								
Korjaus- ja säätöarvot 1000lm korjausarvona													

Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

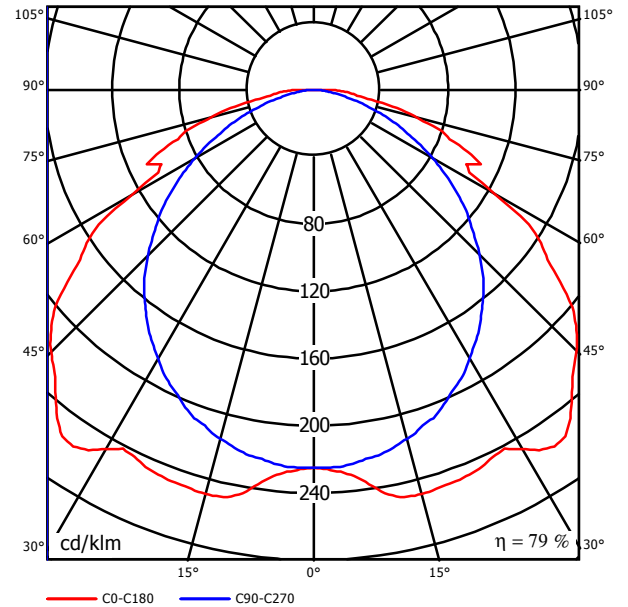
THORN 7297D 2X28W PC / Valaisintietoarkki



Valaisinten luokittelu CIE: 100
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 44 78
 94 100 79

7297D är en korrosionsäker helpplastarmatur för aggressiva och fuktiga miljöer. Symmetrisk eller asymmetrisk ljusfördelning

Valaistu alue 1:



Valaistu alue 1:

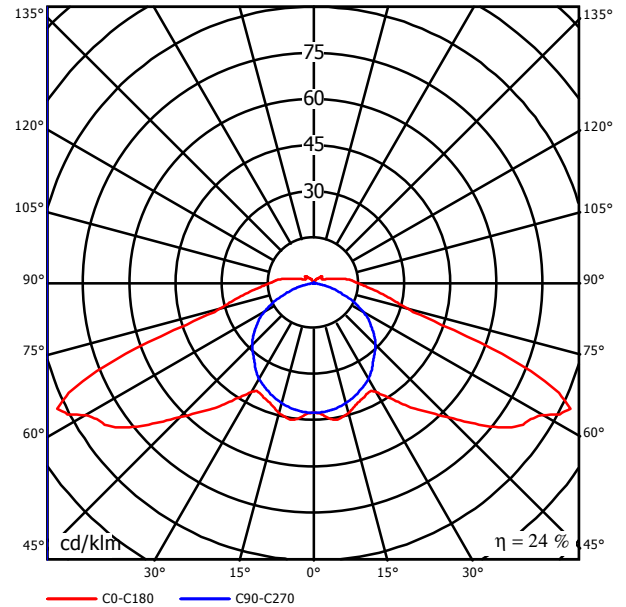
Häikäisyarvot UGR:N mukaan											
ρKatto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρSeinät	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρLattia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tilan koko X Y	Näkökulma poikittain Lampun keskiiviivaan					Näkökulma pitkittäin Lampun keskiiviivaan					
2H	2H	16.5	17.8	16.8	18.1	18.3	15.9	17.3	16.2	17.5	17.7
	3H	17.8	19.0	18.1	19.3	19.6	16.9	18.1	17.2	18.4	18.7
	4H	18.4	19.5	18.7	19.8	20.1	17.2	18.4	17.5	18.6	18.9
	6H	18.6	19.7	19.0	20.0	20.3	17.4	18.4	17.7	18.7	19.1
	8H	18.7	19.7	19.0	20.0	20.3	17.4	18.4	17.7	18.7	19.1
	12H	18.7	19.7	19.1	20.0	20.3	17.4	18.4	17.7	18.7	19.0
4H	2H	17.0	18.2	17.4	18.5	18.8	16.6	17.8	16.9	18.0	18.3
	3H	18.6	19.6	18.9	19.9	20.2	17.8	18.8	18.2	19.1	19.5
	4H	19.3	20.1	19.7	20.5	20.9	18.2	19.1	18.6	19.5	19.8
	6H	19.6	20.4	20.0	20.8	21.2	18.5	19.3	18.9	19.6	20.0
	8H	19.7	20.4	20.1	20.8	21.2	18.5	19.3	19.0	19.6	20.1
	12H	19.7	20.4	20.2	20.8	21.2	18.6	19.2	19.0	19.6	20.1
8H	4H	19.5	20.2	19.9	20.6	21.0	18.6	19.3	19.0	19.7	20.1
	6H	20.0	20.6	20.4	21.0	21.4	19.0	19.6	19.5	20.0	20.5
	8H	20.1	20.6	20.5	21.0	21.5	19.2	19.7	19.6	20.1	20.6
	12H	20.2	20.6	20.7	21.1	21.6	19.2	19.7	19.7	20.2	20.7
12H	4H	19.5	20.2	20.0	20.6	21.0	18.6	19.3	19.1	19.7	20.1
	6H	20.0	20.5	20.5	21.0	21.4	19.1	19.6	19.5	20.0	20.5
	8H	20.1	20.6	20.6	21.0	21.5	19.3	19.7	19.7	20.2	20.7
Väliteho korjauksen jälkeen valaistuksen etäisyyskäsittämiseksi S											
S =	1.0H	+0.2 /	-0.2				+0.1 /	-0.2			
	1.5H	+0.6 /	-1.0				+0.6 /	-0.7			
	2.0H	+0.9 /	-0.9				+1.0 /	-1.6			
Vakio- Taulukot	BK05					BK04					
Korjaus- yhteensäädettävä	2.0					0.6					
Korjaus- ja säätöarvot 500mm korjausvälinä											

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W / Valaisintietoarkki



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu CIE: 93
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 27 59
90 93 24

Poistumisopaste- ja poistumisreitivalaisin
Helppo asentaa
Huoltoystävällinen

Erittely
Poistumistie- ja varaväläisin rungoltaan ja kuvultaan polykarbonaattia.
Toimitetaan tarroineen. Yksipuolinen valaisin voi toimia myös poistumisreitivalaisimena. Valaisimessa on yhden tai kolmen tunnin akku häiriötilanteiden varalle, akku on kytketty pikaliittimellä elektroniikkaan.

Valonlähde
Yksilamppuinen 8W T5.

Asennus
Yksipuolinen asennetaan seinään ja kaksipuolinen kattoon erikseen tilattavilla kannakkeilla.

Järjestelmät
Järjestelmäratkaisu voidaan valita seuraavista:
S = Standardi,
ST = Itsetestaus,

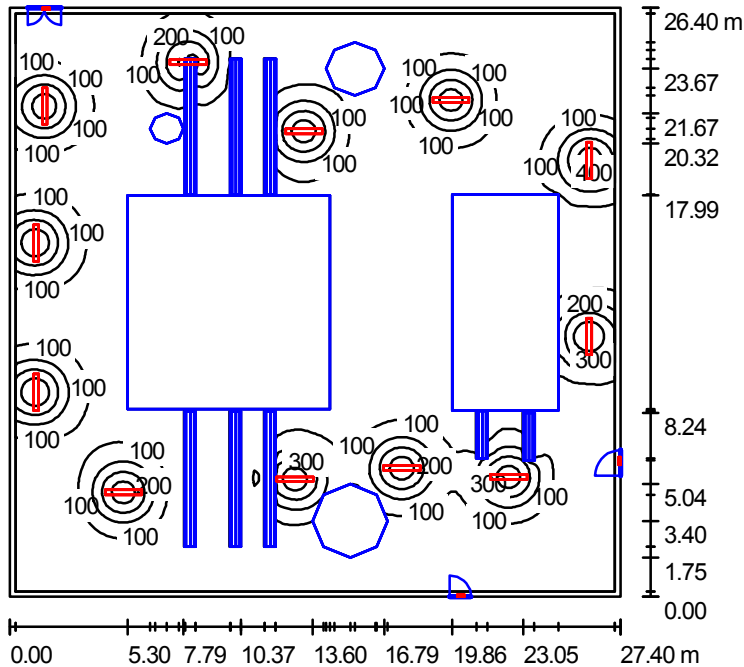
Kytkeäntä
Aukko M20 / PG16 läpiviennille keskellä takaseinää, pitkällä sivulla ja molemmissa päissä. 4-napainen ryhmäjohtoliitin.

Valaistu alue 1:

Häikäisyarvot UGR:N mukaan											
pKatto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
pSeinät	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
pLattia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tilan koko X Y	Näkökulma poikittain Lampun keskiiviivaan					Näkökulma pitkittäin Lampun keskiiviivaan					
2H	2H	15.1	16.6	15.5	17.0	17.4	7.8	9.3	8.2	9.7	10.1
	3H	17.7	19.1	18.1	19.5	19.9	9.4	10.8	9.8	11.2	11.6
	4H	18.1	19.3	18.5	19.8	20.2	9.8	11.1	10.3	11.5	12.0
	6H	18.3	19.6	18.8	20.0	20.5	10.0	11.2	10.5	11.7	12.1
	8H	18.5	19.6	19.0	20.1	20.6	10.0	11.2	10.5	11.7	12.1
	12H	18.6	19.7	19.1	20.2	20.7	10.0	11.2	10.5	11.6	12.1
4H	2H	15.7	17.0	16.2	17.4	17.9	11.5	12.8	12.0	13.2	13.7
	3H	18.4	19.5	18.8	19.9	20.4	12.9	14.0	13.4	14.5	15.0
	4H	18.8	19.8	19.3	20.3	20.8	13.3	14.3	13.8	14.8	15.3
	6H	19.2	20.1	19.7	20.6	21.1	13.4	14.3	14.0	14.8	15.4
	8H	19.4	20.2	20.0	20.7	21.3	13.5	14.3	14.0	14.8	15.4
	12H	19.6	20.4	20.2	20.9	21.5	13.5	14.2	14.0	14.8	15.4
8H	4H	18.9	19.7	19.4	20.2	20.8	14.2	15.0	14.7	15.5	16.1
	6H	19.4	20.1	20.0	20.6	21.2	14.4	15.1	15.0	15.7	16.3
	8H	19.7	20.3	20.3	20.9	21.5	14.6	15.1	15.2	15.7	16.3
	12H	20.0	20.5	20.6	21.1	21.8	14.7	15.2	15.3	15.7	16.4
12H	4H	18.9	19.6	19.4	20.1	20.7	14.3	15.0	14.8	15.5	16.1
	6H	19.4	20.0	20.0	20.6	21.2	14.7	15.2	15.2	15.8	16.4
	8H	19.8	20.2	20.4	20.8	21.5	14.8	15.3	15.4	15.9	16.6
Valotekijäkoef. palkkoja varten otettavien tarkastusarvojen S											
S =	1.0H	+0.1 /	-0.1			+0.1 /	-0.1				
	1.5H	+0.4 /	-0.3			+0.4 /	-0.5				
	2.0H	+0.8 /	-1.0			+0.5 /	-0.9				
Vakio-Taulukot	BK06					---					
Korjaus-yhteenlaskettava	-1.8					---					
Lampun valaistusalue 450mm Näköetäisyys 4000mm											

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 100 lx (2x58) / Normaali valaistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	95	8.89	500	0.09
Lattia	40	66	1.54	262	0.02
Katto	70	23	1.00	47	0.04
Seinät (4)	50	48	13	1081	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

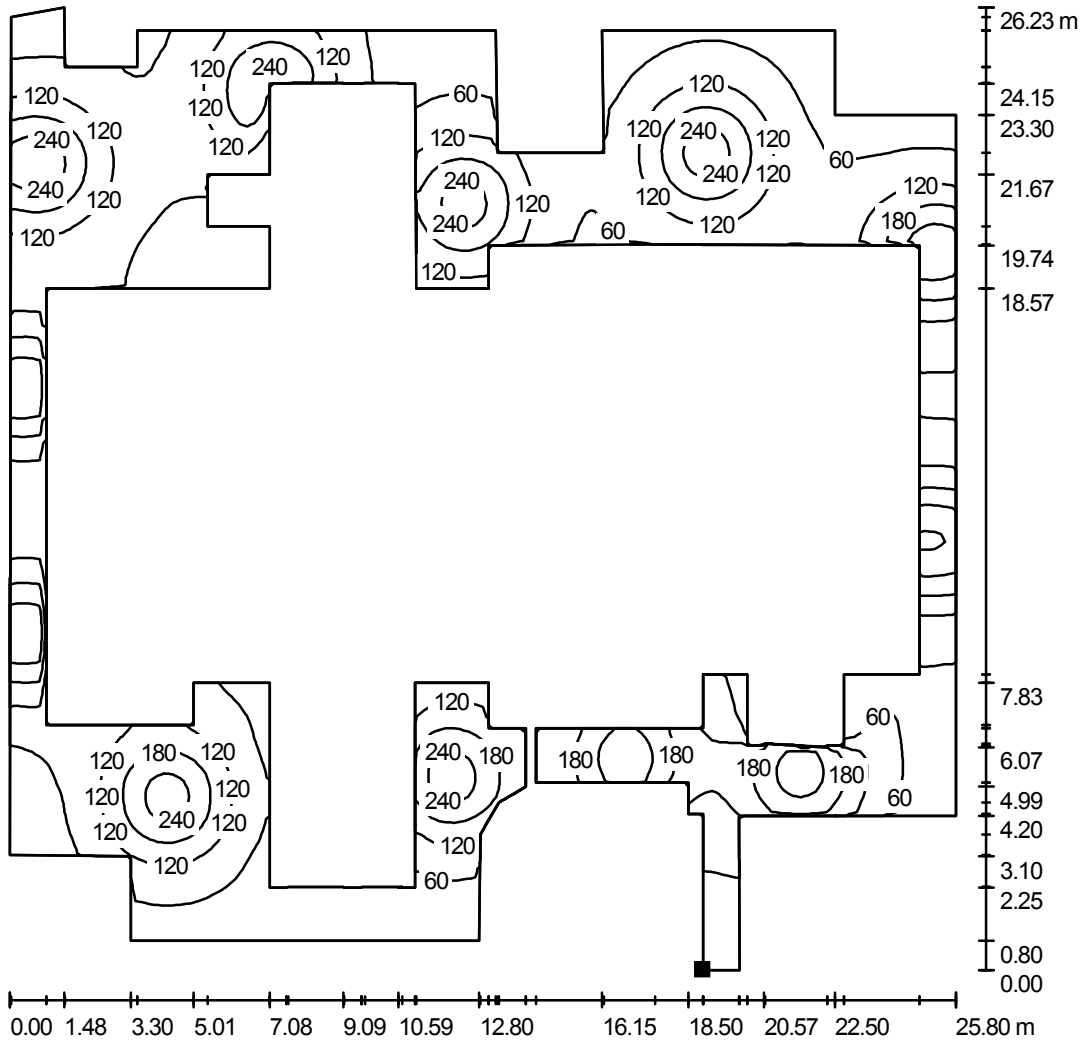
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	12	THORN 7297d PC 258 (0.950)	9880	140
			kokonaan: 119910	1716

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $2.37 \text{ W/m}^2 = 2.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

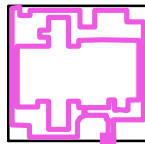
Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 100 lx (2x58) / Normaali valaistus / Ritilataso / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 206

Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (48.306 m, 26.027 m, 0.250 m)

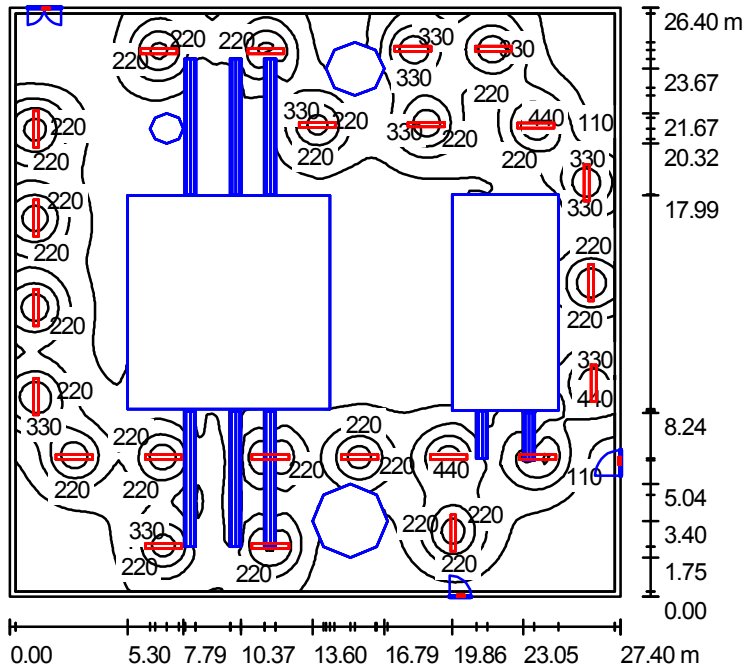


Rasteri: 128 x 128 Pisteet

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
115	13	309	0.12	0.04

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 200 Lx (2x58) / Normaali valaistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	181	25	538	0.14
Lattia	40	125	1.17	322	0.01
Katto	70	43	0.94	80	0.02
Seinät (4)	50	94	25	1204	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	8	THORN 7297d PC 258 (0.950)	9880	140
3	15	THORN 7297d PC 258 (Tyyppi 2)* (0.950)	9880	140

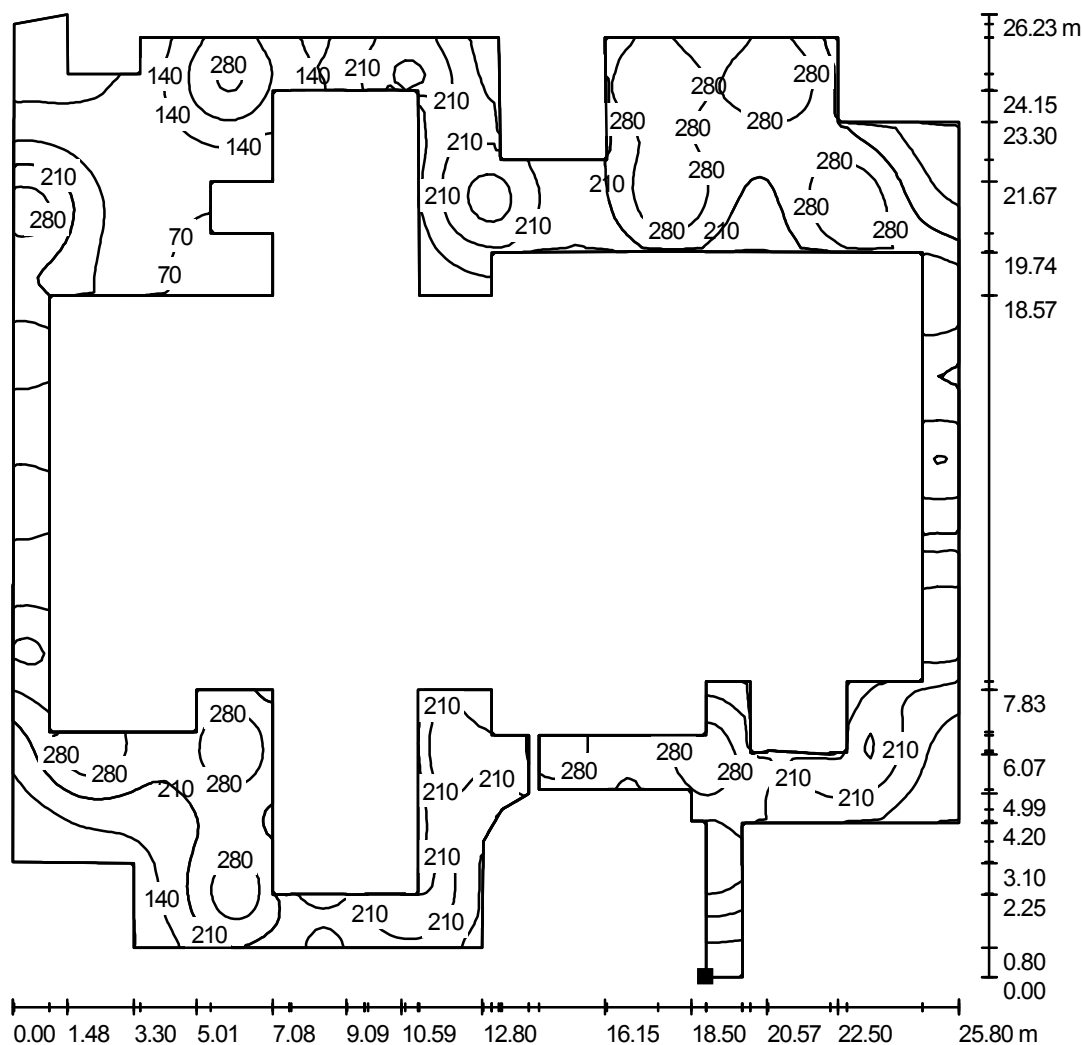
*Muutetut tekniset tiedot

kokonaan: 228590 3256

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $4.50 \text{ W/m}^2 = 2.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

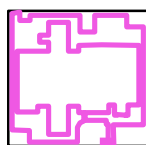
Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 200 Lx (2x58) / Normaali valaistus / Ritilataso / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 206

Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (48.306 m, 26.027 m, 0.250 m)

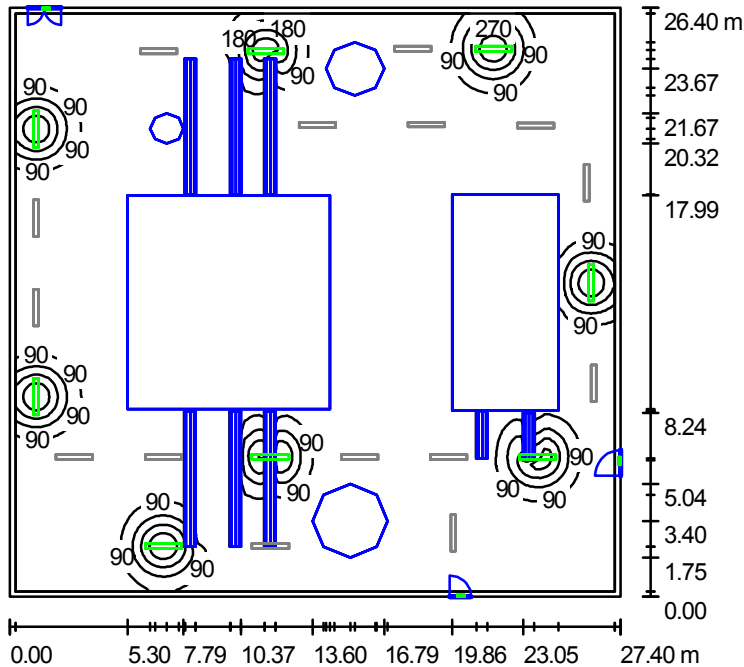


Rasteri: 128 x 128 Pisteet

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
210	27	363	0.13	0.07

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 200 Lx (2x58) / Turvavalistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	45	0.00	446	0.00
Lattia	40	29	0.00	204	0.00
Katto	70	0.01	0.00	0.12	0.00
Seinät (4)	50	18	0.00	1150	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Turvavalaisuustilanne (EN 1838):

Vain suora valo lasketaan. Heijastuvan valon määrää ei oteta huomioon.

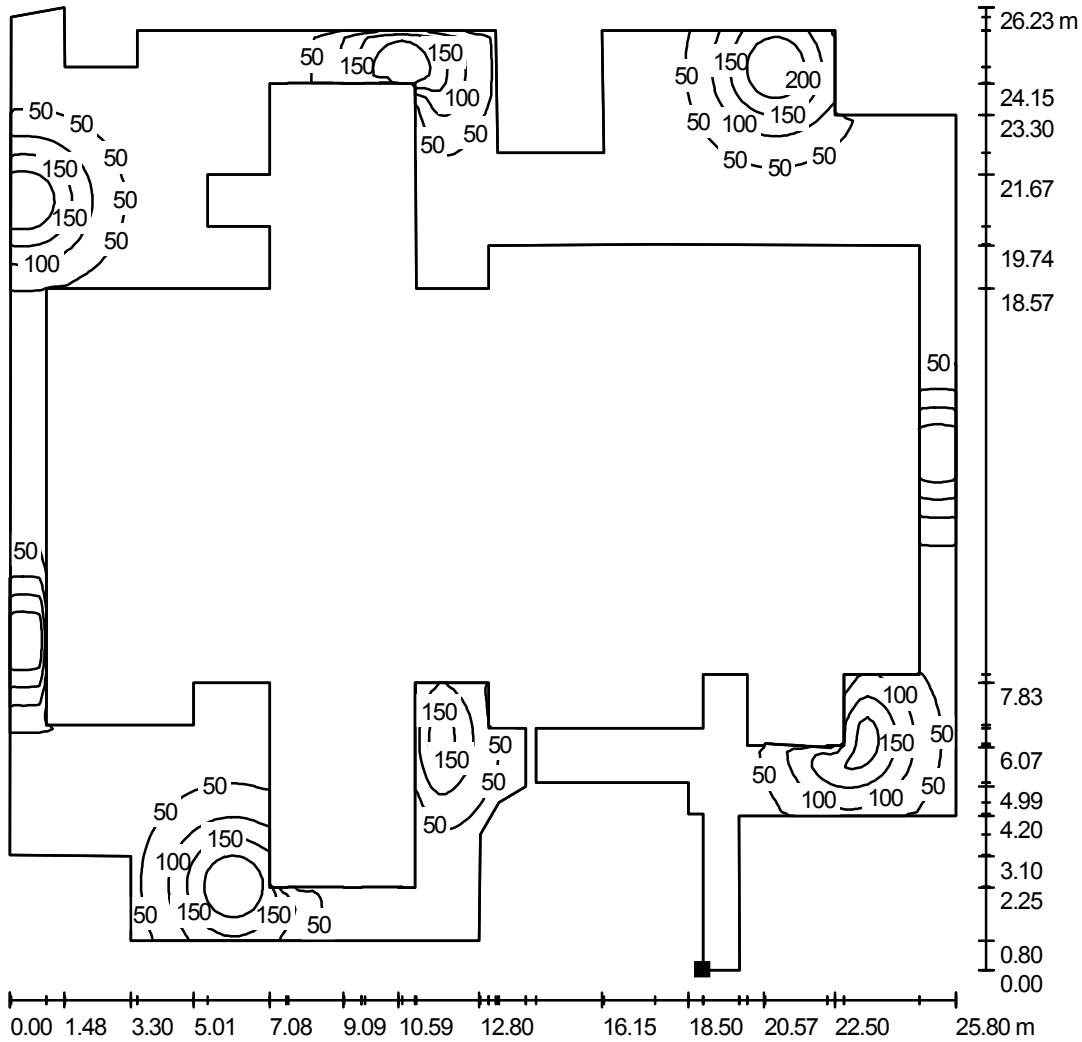
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	8	THORN 7297d PC 258 (0.950)	9880	140
			kokonaan: 80390	1156

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $1.60 \text{ W/m}^2 = 3.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

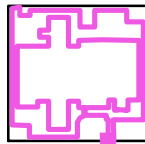
Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 200 Lx (2x58) / Turvalaistus / Ritilataso / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 206

Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (48.306 m, 26.027 m, 0.250 m)

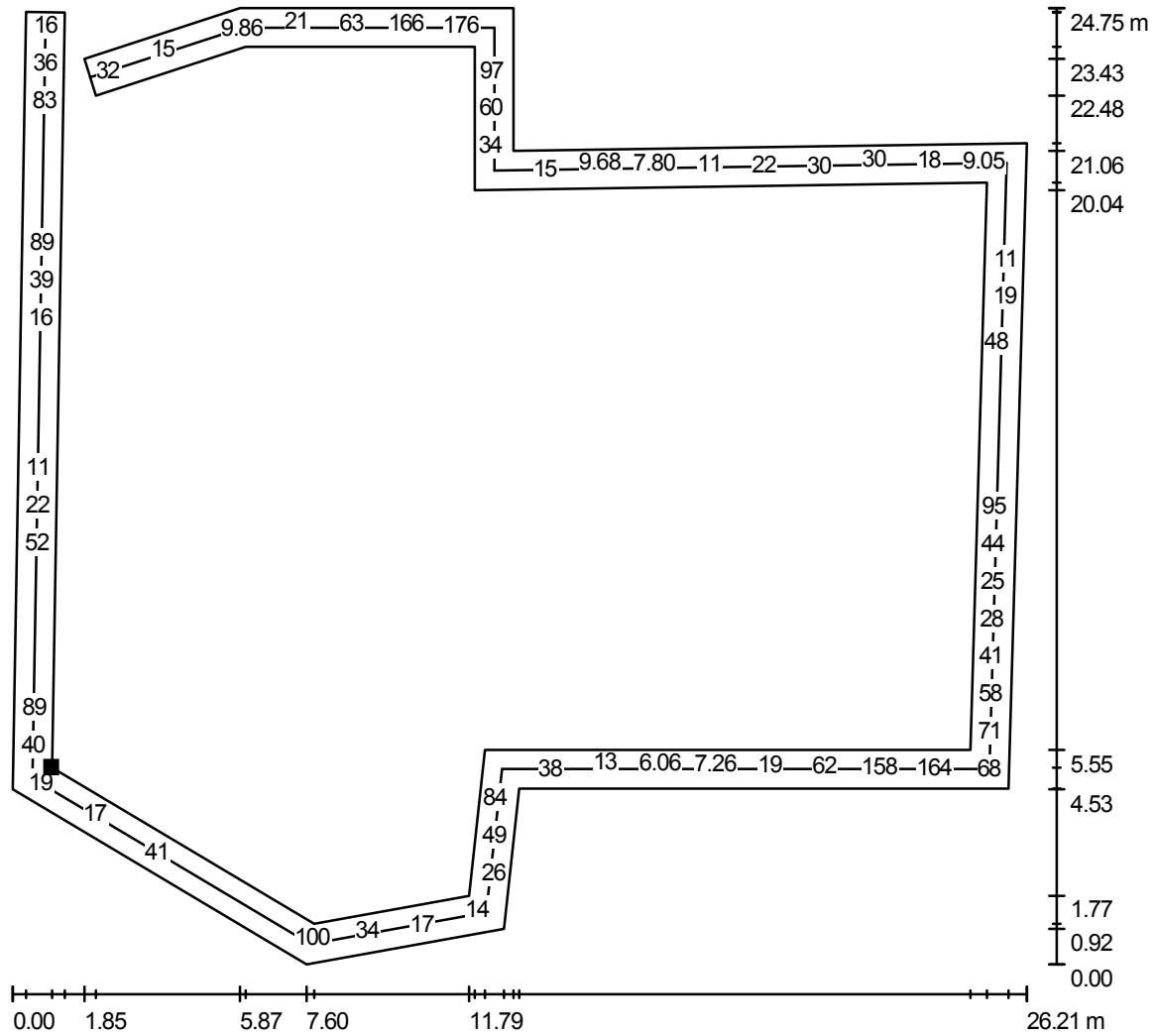


Rasteri: 128 x 128 Pisteet

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
55	0.60	250	0.01	0.00

Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

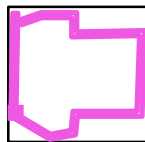
Taso 35.400 vähintään 200 Lx (2x58) / Turvavalaistus / Varauloskäytävä 1 / Arvokaavio (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 194

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (30.163 m, 31.641 m, 0.000 m)



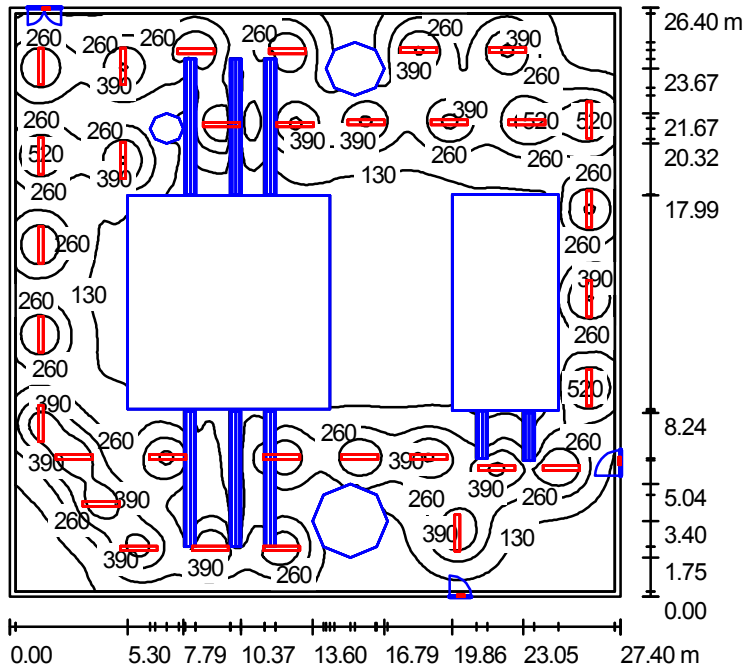
Rasteri: 128 x 128 Pisteet

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
58	5.75	204	0.10	0.03

Keskiviiva: E_{min} : 5.87 lx, E_{min} / E_{max} : 0.03 (1 : 35).

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 300 Lx (2x58) / Normaali valaistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	251	40	647	0.16
Lattia	40	172	4.01	427	0.02
Katto	70	59	3.11	99	0.05
Seinät (4)	50	126	37	1124	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

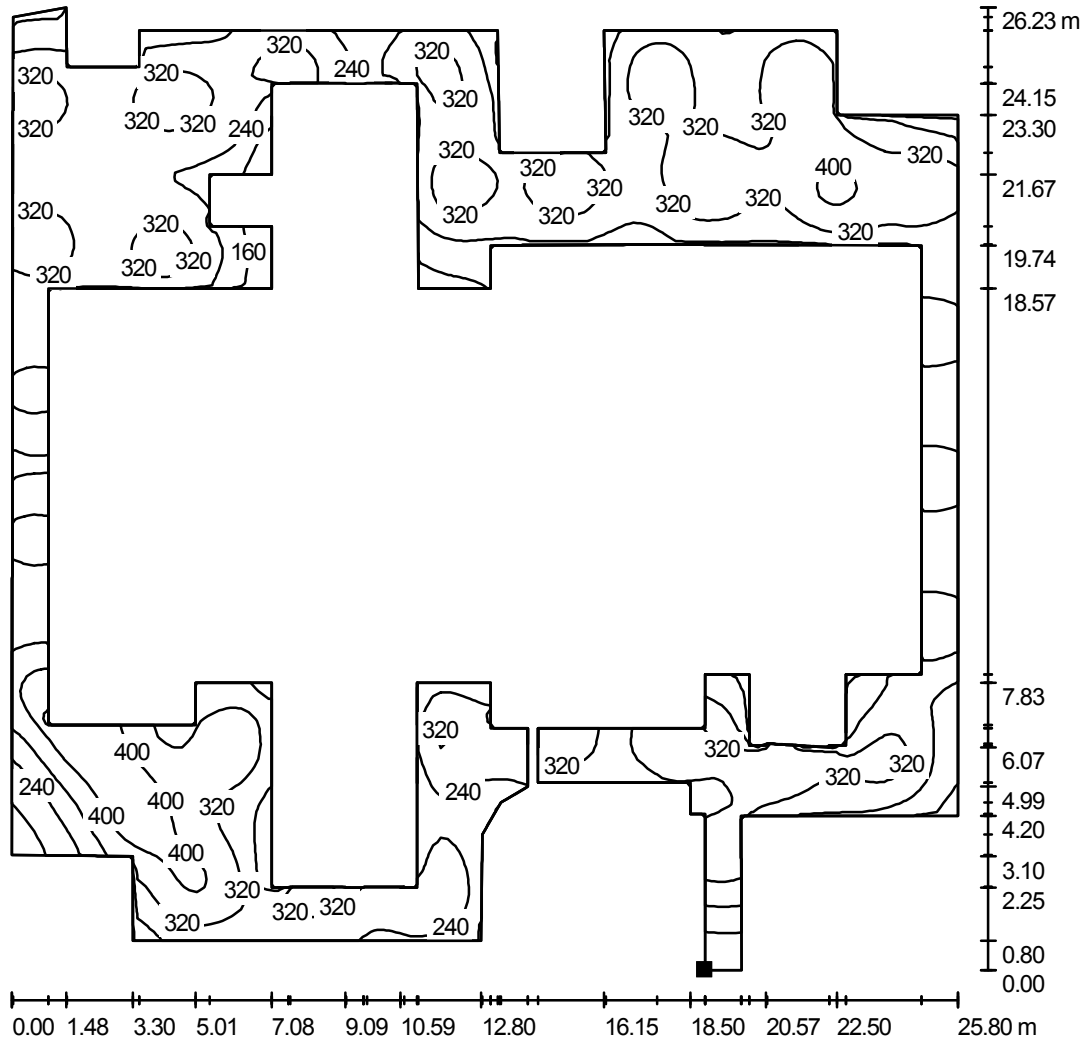
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	32	THORN 7297d PC 258 (0.950)	9880	140
			kokonaan: 317510	4516

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.24 \text{ W/m}^2 = 2.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

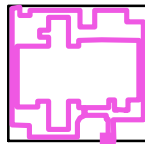
Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 300 Lx (2x58) / Normaali valaistus / Ritilataso / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 206

Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (48.306 m, 26.027 m, 0.250 m)

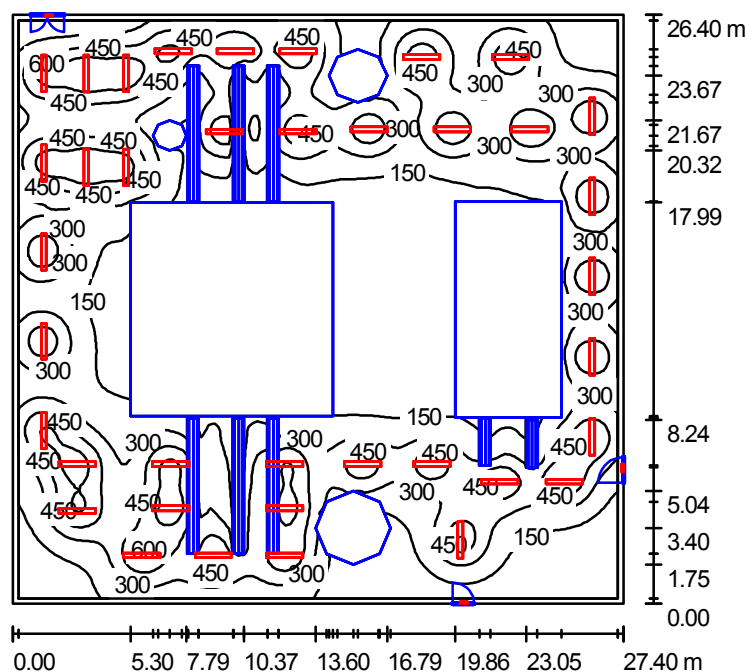


Rasteri: 128 x 128 Pisteet

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
298	93	469	0.31	0.20

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 400 Lx (2x58) / Normaali valaistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	295	42	751	0.14
Lattia	40	203	4.63	525	0.02
Katto	70	68	3.07	130	0.05
Seinät (4)	50	151	43	1152	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

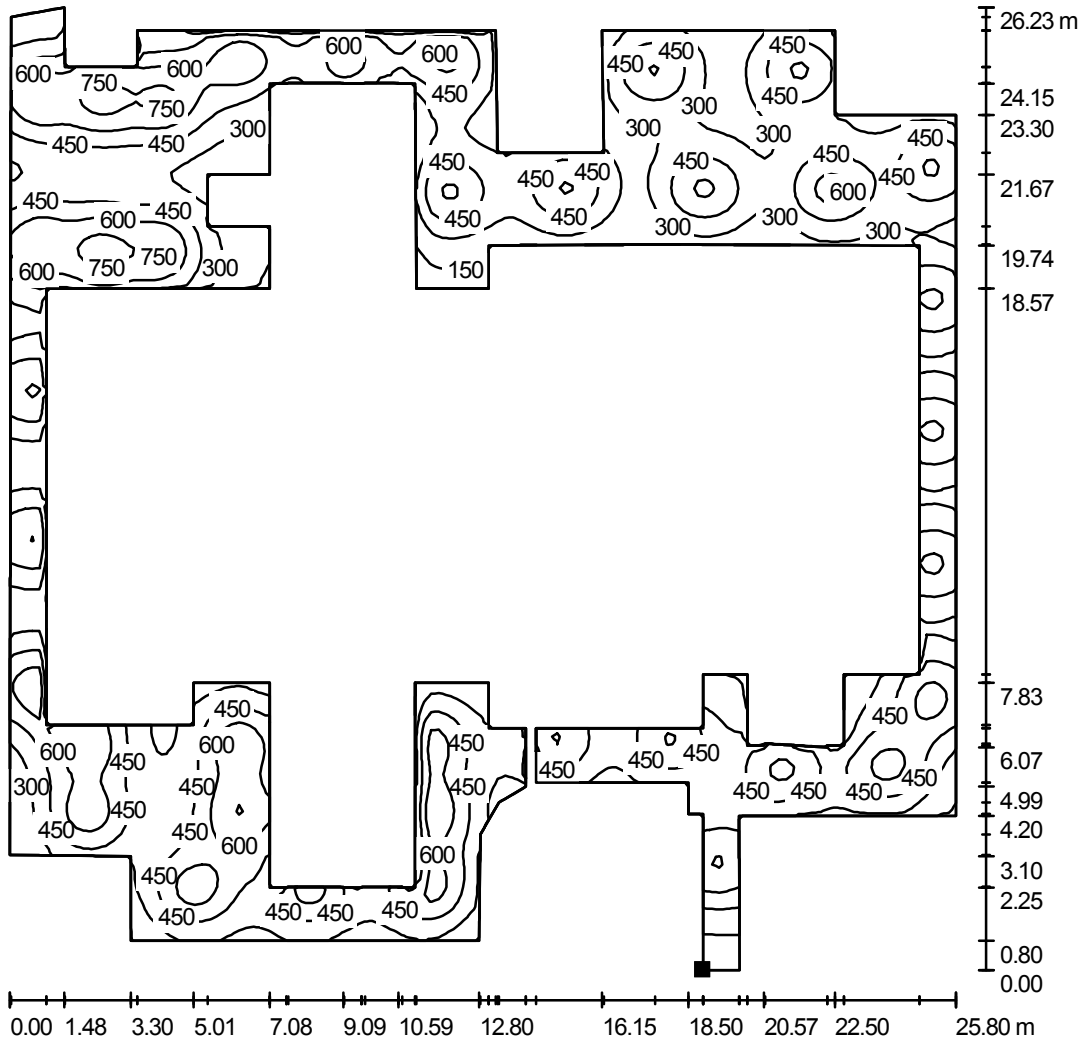
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	38	THORN 7297d PC 258 (0.950)	9880	140
			kokonaan: 376790	5356

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $7.40 \text{ W/m}^2 = 2.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

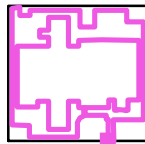
Tekijä Timo Myllyniemi
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Taso 35.400 vähintään 400 Lx (2x58) / Normaali valaistus / Ritilataso / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 206

Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (48.306 m, 26.027 m, 1.000 m)

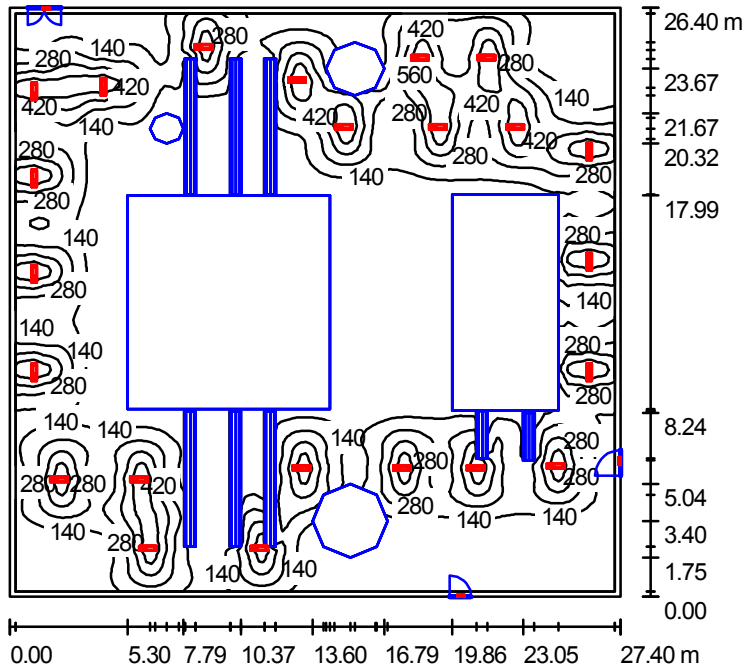


Rasteri: 128 x 128 Pisteet

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
434	87	834	0.20	0.10

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suurpainenatriumien korkeusmitoitus (h= 2,5 m) / Normaali valaistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	209	15	696	0.07
Lattia	40	146	2.64	491	0.02
Katto	70	47	1.46	101	0.03
Seinät (4)	50	90	24	1104	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

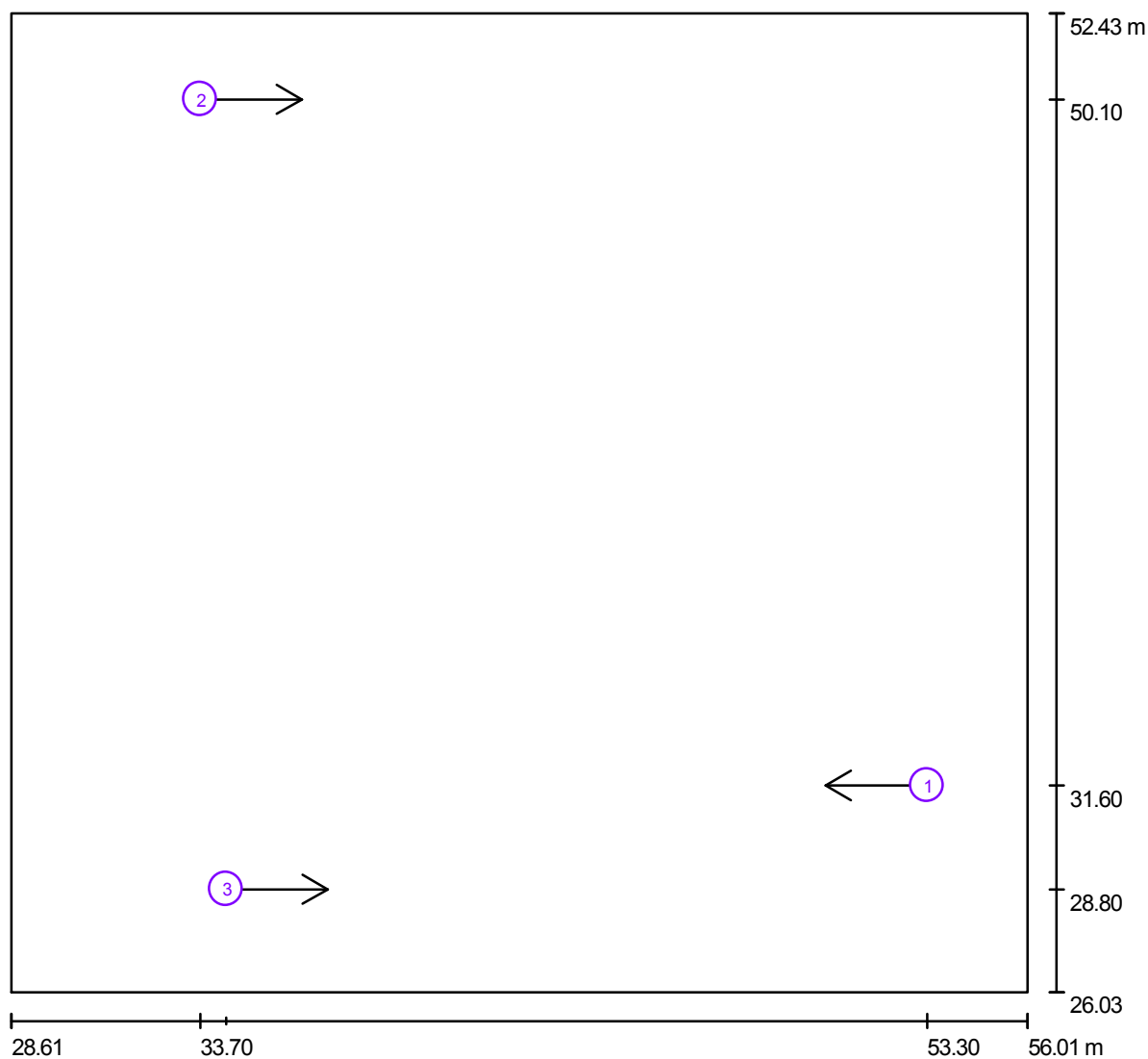
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	23	IVALO 6211/V3 Laajasäteilijä 100W ST E40 (1.000)	8700	100
			kokonaan: 201450	2336

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $3.23 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suurpainenatriumien korkeusmitoitus (h= 2,5 m) / Normaali valaistus / UGR-katsoja (tuloksien yleisnäkymä)



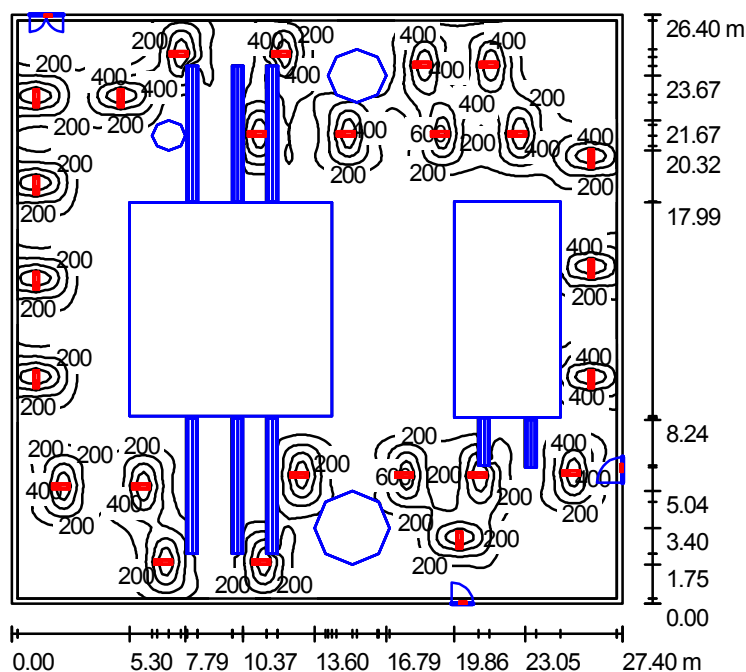
Mittakaava 1 : 196

UGR laskelmapisteluettelo

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	53.300	31.600	1.200	180.0	22
2	UGR-laskelmapiste 2	33.700	50.100	1.200	0.0	23
3	UGR-laskelmapiste 3	34.400	28.800	1.200	0.0	<10

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suurpainenatriumien korkeusmitoitus (h= 2,2 m) / Normaali valaistus / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.100 m, Huoltokerroin: 0.70

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:339

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	232	22	1014	0.10
Lattia	40	161	2.72	556	0.02
Katto	70	50	1.47	103	0.03
Seinät (4)	50	91	29	1104	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

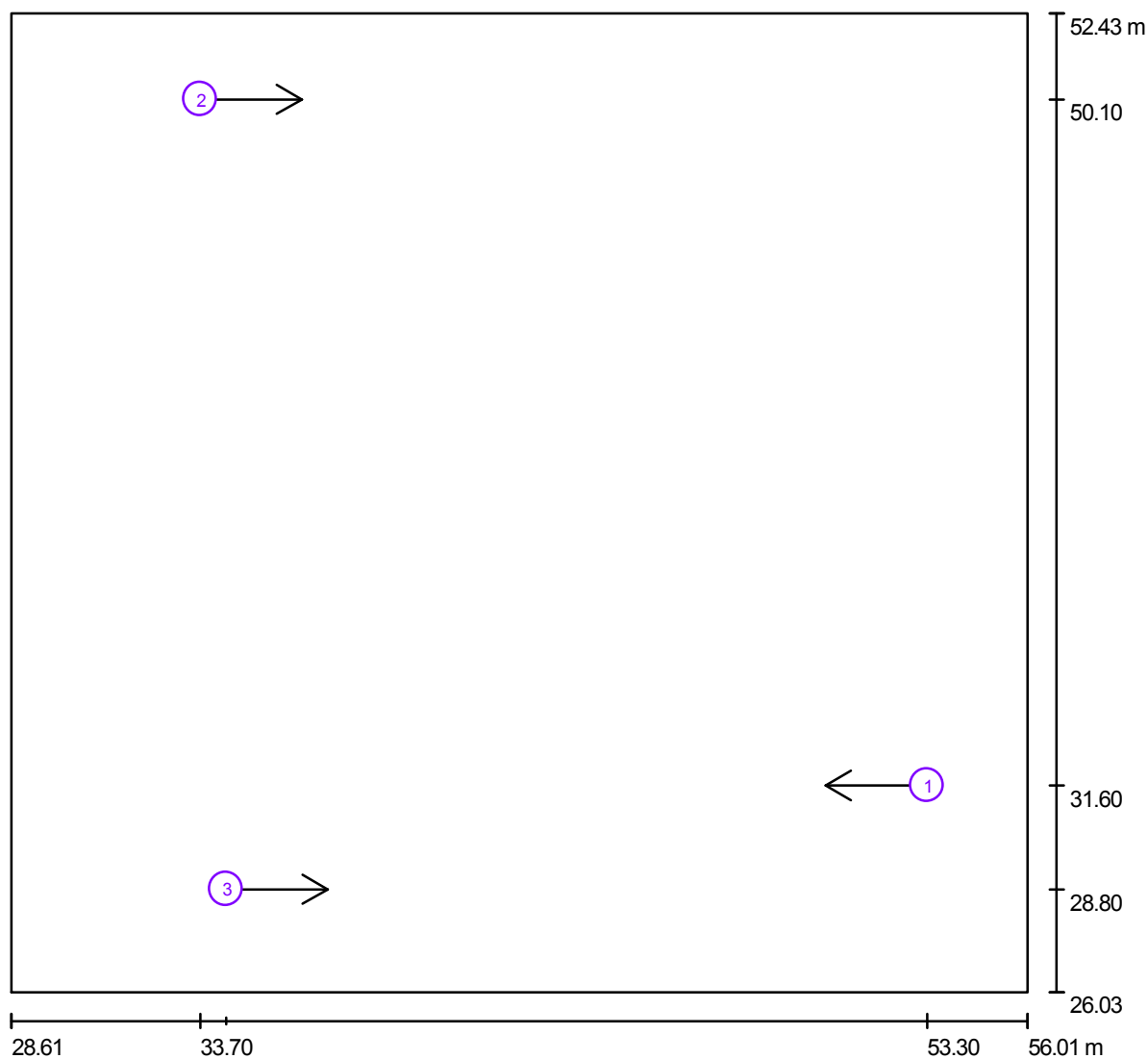
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Glamox GEF 108 SINGLE - 1x8W T5 8W (1.000)	450	12
2	25	IVALO 6211/V3 Laajasäteilijä 100W ST E40 (1.000)	8700	100
			kokonaan: 218850	2536

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $3.51 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 723.36 m^2)

Tekijä Timo Myllyniemi
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suurpainenatriumien korkeusmitoitus (h= 2,2 m) / Normaali valaistus / UGR-katsoja (tuloksien yleisnäkymä)

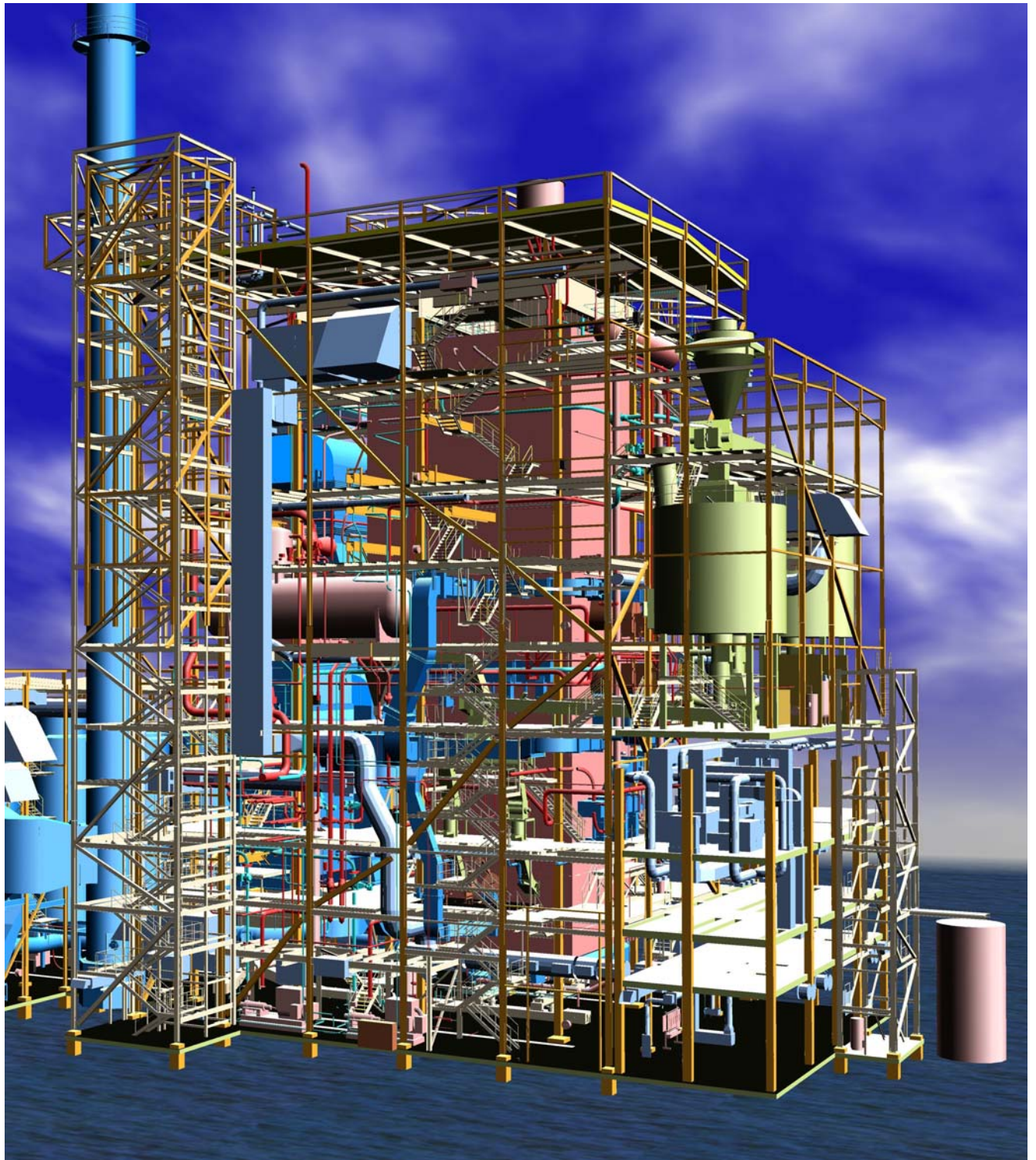


Mittakaava 1 : 196

UGR laskelmapisteluettelo

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	53.300	31.600	1.200	180.0	14
2	UGR-laskelmapiste 2	33.700	50.100	1.200	0.0	26
3	UGR-laskelmapiste 3	34.400	28.800	1.200	0.0	>30

Liite C Hybex-kattila



Liite D Recox-kattila

