



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jaakko Porre

VALAISTUSJÄRJESTELMÄN
ENERGIATEHOKKUUDEN
TUTKIMINEN JA KEHITTÄMINEN

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jaakko Porre
Opinnäytetyön nimi	Valaistusjärjestelmän energiatehokkuuden tutkiminen ja kehittäminen
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	47 + 3 liitettä
Ohjaaja	Tapani Esala

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Power Plants, Engineering Management Officelle. Power Plantsin asiakkaat ovat alkaneet kysellemään energiatehokkempaa vaihtoehtoa voimalaitosten valaistukselle. Kolme vuotta aikaisemmin tutkittiin LED-valaistuksen käyttöä ja todettiin, ettei valaistuksen laadussa ja voimakkuudessa päästä riittävän hyvälle tasolle. Tämän työn tarkoituksena oli löytää nykyiselle voimalaitosten valaistusjärjestelmälle energiatehokkaampi vaihtoehto. Hankintakustannusten noustessa liian korkeiksi, on Wärtsilällä ainakin energiatehokkaampi vaihtoehto asiakkaan niin tahtoessa.

Työssä pyrittiin löytämään sellainen valaistusvaihtoehto, joka olisi melko lähellä nykyistä järjestelmää, tällöin ei tarvitsisi puuttua nykyisiin asennusratkaisuihin. Vaihtoehtoista valaistusta kysyttiin Wärtsilän käyttämiltä toimittajilta ja kaikki tarjosivat LED-valaisimia. Työssä käytettiin esimerkkinä seitsemän moottorin voimalaitosprojektia, ja vertailtiin alkuperäistä ja vaihtoehtoista valaistusta. Valaistukselle tehtiin valaistusvoimakkuuslaskelmat DIALuxohjelmalla, ja laskettiin suuntaa antava elinkaaritarkastelu. Teoriaosuudessa selvitettiin valaistuksen peruskäsitteitä ja voimalaitosten nykyistä valaistusjärjestelmää. Työssä on käytetty lähteinä internet-lähteitä ja Wärtsilän sisäisiä tietokantoja.

Työssä saatiin selville, että vaihtoehtoisten LED-valaisimien valontuotto on laadultaan ja määrältään riittävää, mutta valaisinten hankintahinnat esimerkkiprojektiin olivat yli kaksinkertaiset verrattuna alkuperäiseen valaistukseen. Vaihtoehtoisten valaisinten kuluttama kokonaispäteho on noin kolmanneksen alhaisempi. LED-valaisimet toimivat heikosti kuumissa lämpötiloissa (+40°C). LED-valaistus vaihtoehtoa voidaan käyttää voimalaitosten valaistuksessa, kunhan lämpötilarajoja ei ylitetä. Elinkaaritarkastelussa elinkaareksi oletettiin 30 vuotta. Sähköenergian ja hankintahinnan yhteissummaa tarkasteltaessa LED-vaihtoehto tulee halvemmaksi, mutta huoltokustannukset mukaan luettuna LED-vaihtoehto tulee lopulta kalliimmaksi. Työn tuotoksena saatiin vähemmän sähköenergiaa kuluttava vaihtoehto valaistukselle, jonka kokonaiskustannukset eivät ole nykyistä valaistusjärjestelmää halvemmat.

Avainsanat valaistus, sähköenergia, elinkaaritarkastelu, voimalaitokset

ABSTRACT

Author	Jaakko Porre
Title	Research and Development of Lighting System Energy Efficiency
Year	2015
Language	Finnish
Pages	47 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Tapani Esala

This study was executed for Wärtsilä Power Plants, Engineering Management Office. Power Plants customers have started to request more energy efficient lighting. The LED solution was checked three years ago but the amount of lighting and quality was not acceptable. The purpose of this thesis was to find a more energy efficient lighting for power plants. If the investment costs are increasing too much, Wärtsilä would at least have an option for more energy efficient lighting if the customer asks for it.

The aim was to find a lighting solution similar to the current one and without the need to change the lighting installations. Alternative lighting offers were requested from familiar wholesalers and all of them offered LED lighting. A seven-engine power plant project was used as a reference in this study. The original and the alternative lighting were compared with each other. Lighting calculations were done with the DIALUX program, also preliminary life cycle calculations were presented. The theoretical part introduces fundamentals of lighting and the current lighting system used in the power plants. Internet and Wärtsilä internal databases were used as sources of information.

The results of the study suggest that the light production of the alternative LED lighting is sufficient in terms of quality and quantity. However the purchase price of the LED lighting was more than double compared to the original one. The total active power of the alternative lighting is one third less than the original one. LED lights do not work in high ambient temperatures (+40°C) which means that they can only be used if the temperature does not exceed the limit. The life cycle of the power plant is assumed to be 30 years. When considering electricity and purchase price, the LED solution is cost efficient, but including service fees it will be more expensive than the original lighting solution. The result shows that LED lighting solution consumes less electric energy, but the total costs are higher than the current lighting solution.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	YRITYSESITTELY	10
	2.1 Wärtsilä Oy	10
	2.2 Wärtsilä Services	11
	2.3 Wärtsilä Ship Power	11
	2.4 Wärtsilä Power Plants	12
	2.4.1 Engineering Management Office	13
3	VALO	14
	3.1 Suuret ja käsitteet	14
	3.1.1 Valovirta (lm).....	14
	3.1.2 Valovoima (cd).....	15
	3.1.3 Luminanssi (L)	15
	3.1.4 Valaistusvoimakkuus (lx, lm/m ²).....	15
	3.1.5 Heijastumissuhde ($[\sigma] = \%$)	16
	3.1.6 Värilämpötila (K).....	16
	3.1.7 Värintoistoindeksi (Ra)	17
	3.1.8 Häikäisyindeksi (UGR).....	17
	3.1.9 Teho, sähköteho (W).....	18
	3.1.10 Valotehokkuus (lm/W).....	18
	3.1.11 Elinikä (h).....	18
4	VALONLÄHTEET	20
	4.1 Hehkulamppu	20
	4.2 Halogeenilamppu	21
	4.3 Loistelamppu.....	22
	4.3.1 Elektroninen liitäntälaitte	23
	4.4 Purkauslamput, HID (High Intensity Discharge).....	24
	4.4.1 Elohopealamppu.....	24
	4.4.2 Monimetallilamppu	25
	4.4.3 Suurpainenatriumlamppu	26

4.4.4	Pienpainenaatriumlamppu.....	26
4.5	LED (Light emitting diode)	27
5	POWER PLANTS, VALAISTUKSEN NYKYTILA.....	30
5.1	Aluevalaistus.....	30
5.2	Katuvalaistus.....	30
5.3	Päävalaistus.....	30
5.4	Turvavalaistus	31
5.5	Poistumistievalaistus.....	31
5.6	Lentovalaistus	32
5.7	Keskukset.....	33
5.8	Kytkimet	33
5.9	Muuntajat	34
5.10	Asennusmateriaalit.....	34
5.11	Räjähdyksivaaralliset tilat	34
5.12	Testit ja tarkastukset	35
5.13	Suunnittelussa käytetyt standardit.....	35
5.14	Dokumentaatio	36
6	PROJEKTIN TOTEUTUS JA TUOTOKSET	37
6.1	Valaisimien kysely.....	37
6.2	Valaisinluettelon teko	39
6.3	DIALux-laskelmat	40
6.4	Hankintahinnat.....	41
6.5	Elinkaaritarkastelu	42
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	44
	LÄHTEET.....	46
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Wärtsilän tuotevalikoima	s. 10
Kuvio 2.	Services-yksikön tarjoamia palveluita	s. 11
Kuvio 3.	Ship Power-yksikön tarjoamia palveluita	s. 12
Kuvio 4.	Power Plants asiakassegmentit	s. 13
Kuvio 5.	Värien aallonpituuden	s. 14
Kuvio 6.	Erään Glamoxin valaisimen valonjakokäyrä.	s. 15
Kuvio 7.	Hehkulamppu	s. 20
Kuvio 8.	Halogeenilamppuja	s. 21
Kuvio 9.	Pienoisloistelamppu ja elektroninen liitäntälaite	s. 22
Kuvio 10.	Elektronisen liitäntälaitteen lohkokaavio	s. 23
Kuvio 11.	Elohopealamppu katuvalaisimessa	s. 25
Kuvio 12.	Monimetallilamppu	s. 25
Kuvio 13.	Ulkovalaistus suurpainenatriumlampuilla	s. 26
Kuvio 14.	Pienpainenatriumlampun spektri	s. 27
Kuvio 15.	Tavallinen LED ja pintaliitos-LED	s. 28
Kuvio 16.	Standardoidut keskuskoot	s. 33
Kuvio 17.	Aura Light LED-putken elinikä	s. 39
Kuvio 18.	Esimerkkiprojekti voimalaitosilmakuvassa	s. 40
Kuvio 19.	Alkuperäisten valaisimien huoltokerrat	s. 43

Kuvio 20.	LED-valaisimien huoltokerrat	s. 43
Taulukko 1.	Eri lamppujen värilämpötiloja	s. 17
Taulukko 2.	Suurimmat sallitut UGR-arvot.	s. 18

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Valaisinluettelo**LIITE 2.** DIALux laskelmat**LIITE 3.** Valaisinpositioluettelo

1 JOHDANTO

Wärtsilän voimalaitoksia myydään enenemässä määrin perustuotannon sijasta verkon kuormitushuippuja tasaamaan ja varavoimalaitoksiksi verkon tasaisen toiminnan takaamiseksi. Voimalaitoksen ollessa seisahduksissa, yksi merkittävä sähköenergian kuluttaja on valaistus. Asiakkaat ovatkin alkaneet kysellä energiatehokkaampaa vaihtoehtoa nykyiselle valaistukselle, joka on toteutettu pääasiassa perinteisillä loisteputkivalaisimilla ja kaasupurkauslampuilla.

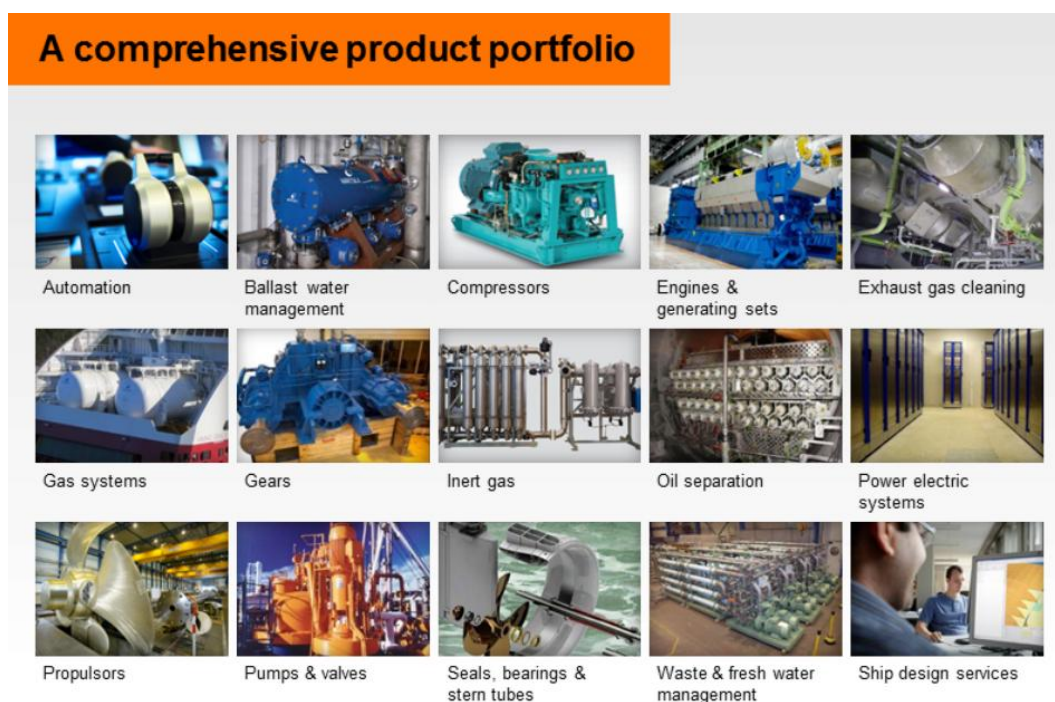
Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Wärtsilä Finland Oy, Power Plants, Engineering Management Office. Työn tarkoituksena on tutustua Wärtsilän voimalaitosten nykyiseen valaistusjärjestelmään ja löytää tälle korvaava tai vaihtoehtoinen energiatehokkaampi ratkaisu. Työssä vertaillaan uuden valaistuksen hankintahintoja ja käyttökustannuksia nykyiseen, mutta tärkeintä on että Wärtsilällä on mahdollisuus tarjota asiakkailleen myös energiatehokkaampi vaihtoehto valaistuksesta. Valaistuksen tulee pysyä samanlaatuisena kuin nykyisessä järjestelmässä ja valaisinten tulisi olla samantyyppisiä, jolloin ei tarvitsisi puuttua tilojen muihin ratkaisuihin esim. nostureihin ja kattorakenteisiin. Valaisinten tulisi olla myös saatavilla Wärtsilän käyttämiltä suomalaisilta toimittajilta ja toimitusaikojen tulisi pysyä kohtuullisina.

Työn teoreettisessa osassa perehdytään valaistuksen peruskäsityksiin ja valaistustekniikoihin. Työssä esitellään myös Wärtsilän nykyistä valaistusratkaisua. Viimeisissä kappaleissa käsitellään projektin suunnittelua, toteuttamista, tuloksia ja tehdään viimeiset johtopäätökset.

2 YRITYSESITELY

2.1 Wärtsilä Oy

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamaarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaisyötysuhteeseen. /5/

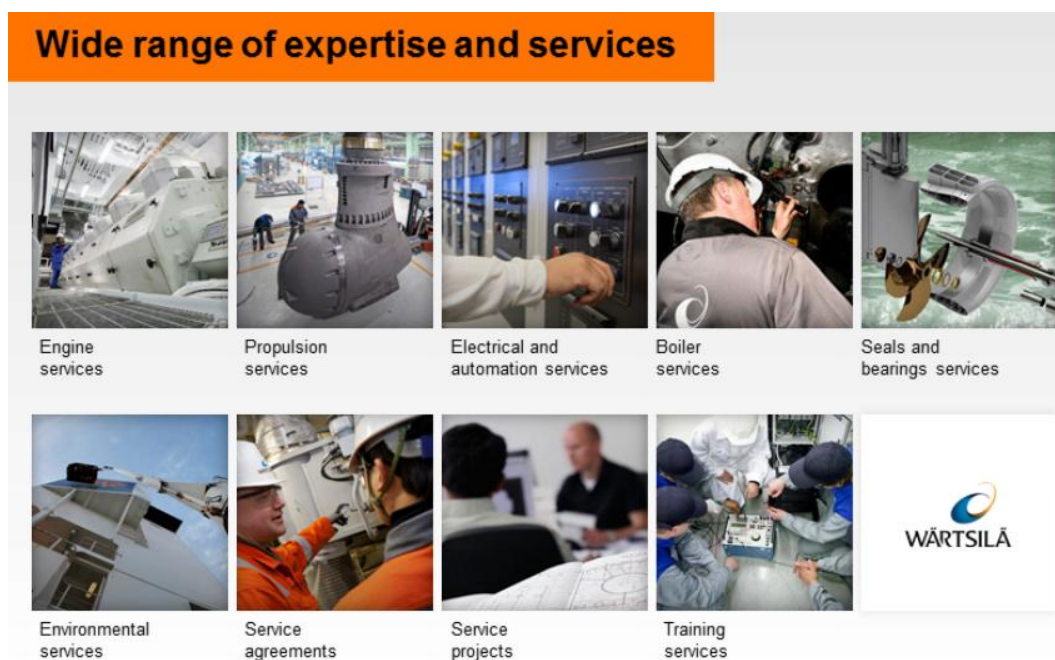


Kuvio 1. Wärtsilän tuotevalikoima. /15/

Kuviossa 1 esitellään Wärtsilän tuotevalikoimaa. Wärtsilän liikevaihto vuonna 2014 oli 4,799 miljardia euroa ja tilauskertymä oli 5,084 miljardia euroa. Yrityksellä oli vuoden 2014 lopussa yhteensä 17717 työntekijää ja toimintaa yli 200 kohteessa melkein 70 maassa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä, Vaasassa on toimipaikkoja nelitahtimoottoreiden valmistuksesta ja kehityksestä projektien hallintaan, Turussa on myös kehitys- ja tutkimus toimintaa. Wärtsilä koostuu kolmesta suuresta organisaatiosta Services, Ship Power ja Power Plants. /16/

2.2 Wärtsilä Services

Services-yksikkö hoitaa nimensä mukaisesti voimalaitoksille ja laivoille myytyjen järjestelmien huollon. Services tarjoaa kattavasti kaikki huoltopalvelut teknisestä tuesta huoltomiehiin, varaosiin ja koulutukseen (katso kuvio 2).



Kuvio 2. Services-yksikön tarjoamia palveluita. /15/

Services on kolmesta organisaatiosta suurin työllistäjä. Vuonna 2014 Services työllisti 10692 työntekijää, liikevaihto oli 1,939 miljardia euroa ja tilauskertymä oli 2,045 miljardia euroa. /16/

2.3 Wärtsilä Ship Power

Ship Power tarjoaa kokonaisvaltaisia palveluita erilaisille laivoille, lautoille ja öljynporauslautoille. Ship Power valmista mm. erilaisia moottoreita, propulsiojärjestelmiä, vedenkäsittelyjärjestelmiä, rikkipesureita, pumppuja, öljyseparaattoreita ja kompressoreita. Kuvio 3 selvittää tarkemmin Ship Powerin tarjonnan.



Kuvio 3. Ship Power-yksikön tarjoamia palveluita. /15/

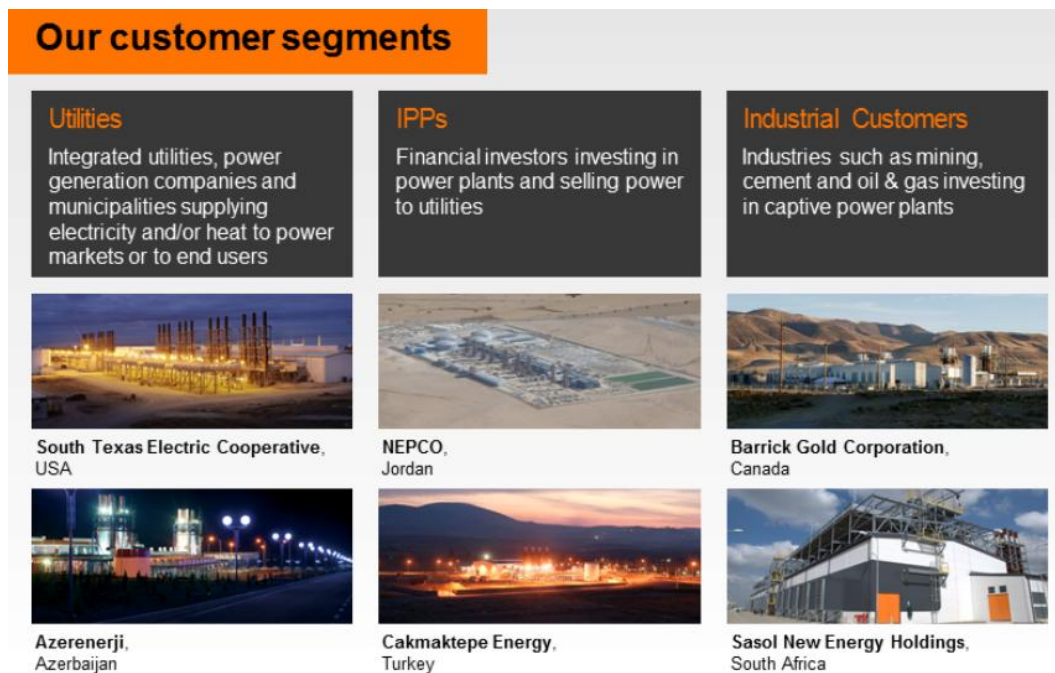
Vuonna 2014 Ship Power työllisti 5603 työntekijää, liikevaihto oli 1,702 miljardia euroa ja tilauskertymä oli 1,706 miljardia euroa. /16/

2.4 Wärtsilä Power Plants

Wärtsilä Power Plants on johtava joustavien voimalaitosten toimittaja globaalien energiantuotannon markkinoilla. Power Plants tarjoaa ratkaisuja sähköverkon vakaaseen toimintaan ja kuormitushuippujen tasaamiseen, teollisuuden omaan energiantuotantoon sekä öljy- ja kaasuteollisuuden tarpeisiin. Lisäarvoa luodaan joustavilla, tehokkailla ja ympäristömyötäisillä energiaratkaisuilla, jotka mahdollistavat maailmanlaajuisen siirtymisen kestävämpään ja uudenaikaisempaan energiainfrastruktuuriin. Wärtsilä on toimittanut ympäri maailmaa jo yli 4700 voimalaitosta teholuokaltaan 10 - 600 MW. /6/

Wärtsilän vahvuutena on monella eri polttoaineella toimivat moottorit ja niiden nopea reagointi verkon eri kuormitustilanteissa. Voimalaitosten nopea toimitus ja avaimet käteen-periaate parantavat Wärtsilän mahdollisuuksia voimalaitosmarkkinoilla. Wärtsilän tavoitteena on ylläpitää markkinajohtajuus HFO ja monilla polttoaineilla käyvissä voimalaitoksissa ja kasvattaa suurien

kaasuvoimalaitosten osuutta viemällä markkinoita kaasuturbiinivoimalaitosvalmistajilta. LNG terminaalien ja ydinvoimaloiden varavoimalaitosten myyntiä yritetään myös kasvattaa. Kuviossa 4 esitellään Power Plantsin asiakassegmentit. /15/



Kuvio 4. Power Plants asiakassegmentit.

Vuonna 2014 Power Plants työllisti 978 työntekijää, liikevaihto oli 1,138 miljardia euroa ja tilauskertymä oli 1,293 miljardia euroa.

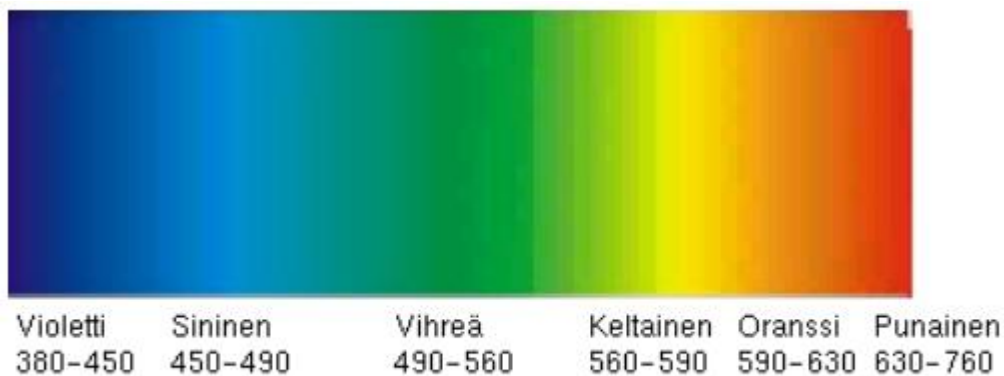
2.4.1 Engineering Management Office

EMO:n tehtävänä on johtaa, hallinnoida ja kehittää arvoa lisäävää suunnittelua, jolloin suunnitteluajat lyhentyisivät ja asioita voitaisiin tehdä tehokkaammin laadusta tinkimättä. Heidän toimintansa piiriin kuuluvat kaikki voimalaitoksen sähköistystä koskevat asiat. Tämä opinnäytetyö on hyvä esimerkki EMO:lle tyypillisistä tehtävistä. Yritetään löytää energiatehokkaampi ratkaisu valaistuksen laadusta tinkimättä. Tuloksista täytyy saada selville onko jokin muutos kannattava.

3 VALO

Valo on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on noin 400 - 780 nm. Lyhyemmät aallonpituudet sisältävät enemmän energiaa kuin pidemmät sähkömagneettiset aallot ja ovat täten jopa ihmiselle vaarallisia. Röntgensäteilyn aallonpituus on alle 100 nm ja ihmisen ihoa haittaava ultraviolettivalon aallonpituus on 100 - 400 nm. Näkyvää valoa suuremmat aallonpituudet ovat infrapunavaloa eli lämpösäteilyä, mikroaaltoja ja radioaaltoja.

Näkyvästä valosta voidaan erotella eri värit niiden aallonpituuksien mukaan (katso kuvio 5). Kun valo ohjataan prisman tai hilan läpi taittuvat eri aallonpituudet eri tavoin ja voidaan havaita koko valonkirjo eli spektri. /7/



Kuvio 5. Värien aallonpituudet.

3.1 Suureet ja käsitteet

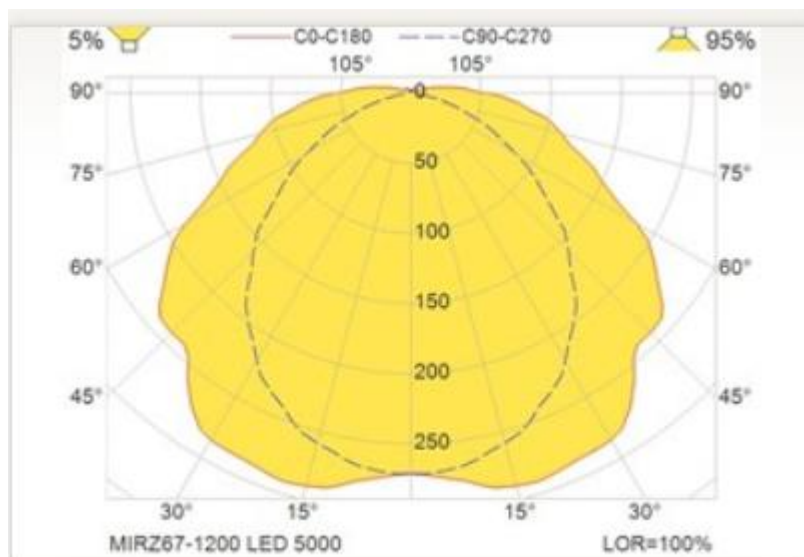
Valaistussuunnittelussa on tärkeää ymmärtää erilaisten suureiden ja käsitteiden tarkoitus. Valaisinvalmistajat antavat valaisimistaan monenlaista tietoa, ja erilaisten tietojen pohjalta, voi tehdä johtopäätöksiä, kumman valmistajan valaisin on parempi omaan käyttötarkoitukseen.

3.1.1 Valovirta (lm)

Valovirran yksikkö on lumen. Valovirta kertoo kuinka paljon näkyvää valoa valonlähde säteilee. Kokonaisvalon määrään ei vaikuta valaisimen tai heijastimen muoto. /2/

3.1.2 Valovoima (cd)

Valovoiman yksikkö on candela. Valovoima esittää tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuuden. Valovoimalla ilmaistaan valaisinten valonjak ominaisuuksia. Lähes kaikille myytävälle valaisimille on tehty valonjakokäyrä (katso kuvio 6), mistä näkee kuinka valaisin jakaa valoa. /2/



Kuvio 6. Erään Glamoxin valaisimen valonjakokäyrä.

3.1.3 Luminanssi (L)

Luminanssin yksikkö on cd/m^2 . Luminanssi on pinnasta tiettyyn suuntaan heijastuvan valovoiman suhde pinnan tästä suunnasta näkyvän projektion pinta-alaan. Se ilmaisee kohdekappaleen pinnan valotiheyden eli pintakirkkauden. Pinnan heijastumissuhteeseen vaikuttavat pinnan väri ja materiaali.

Pintojen liian suuret luminanssierot samassa tilassa aiheuttavat häikäisyä ja heikentävät näkemistä. Toisaalta tilat joissa on pienet luminanssierot, koetaan usein tylsiksi ja yksityiskohtien erottaminen voi olla siellä vaikeaa. /2/

3.1.4 Valaistusvoimakkuus (lx, lm/m^2)

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks. Valaistusvoimakkuus kertoo kuinka suuri valovirran tiheys on tarkastelupinnalla. Tarkastelupinnalle otetaan huomioon

kohtisuoraan ja heijastamalla tullut valovirta ja jaetaan se tarkastelupinnan pinta-alalla.

Valaistusvoimakkuuden avulla määritellään valaistuksen määrällisiä tavoitteita. Tämä on yksi tärkeimmistä asioista mitä tarkastellaan valaistuslaskelmia tehdessä tietokoneohjelmilla. Valaistusvoimakkuutta ei voida aistia silmällä, koska silmä aistii vain pinnoilta heijastuvaa valoa. /2/

3.1.5 Heijastumissuhde (ρ) = %)

Pinnalle tuleva valovirta heijastuu osittain pinnasta takaisin tilaan. Heijastumissuhde ilmoitetaan prosentteina, kuinka suuri osuus heijastuu pinnasta takaisin ympäristöön. Valaistuslaskentaohjelmissa tilojen pintojen heijastumissuhteet vaikuttavat laskennan lopputulokseen melkoisesti, siksi on hyvä muistaa laittaa oikeat arvot. /2/

3.1.6 Värilämpötila (K)

Värilämpötilan yksikkö on kelvin. Värilämpötilalla ilmaistaan valon värisävyä. Mitä korkeampi kelvin-arvo on, sitä kylmempää ja sinertävämpää valonlähteen valo on. Taulukko 1 kertoo lampputyypien tyypilliset värilämpötilat. /9/

Taulukko 1. Erilaisten lamppujen väriämpötiloja.**Esimerkkejä väriämpötiloista:**

Hehkulamppu	2700 K
Halogeenilamppu	3000 K
Pienloistelamppu	2700-4000 K
Loistelamppu	2700-6500 K
LED-lamppu	3000-6500 K
Päivänvalo	5500 K

3.1.7 Värintoistoindeksi (Ra)

Värintoistoindeksi on suure, jolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä. Värintoistoindeksi ilmoitetaan Ra lukuna 0-100, jos indeksi on 0, valo ei toista värejä lainkaan ja jos Ra-indeksi on 100, niin värintoisto on täydellistä. Ra-indeksiä >80 pidetään sellaisena arvona, jossa ihmissilmä näkee värit riittävän hyvin. Ra-indeksin ollessa alle 80 ihmisen silmä näkee kappaleet vääristyneen värisinä. /14/

3.1.8 Häikäisyindeksi (UGR)

Häikäisyindeksi kertoo kiusahäikäisyn määrän. Kiusahäikäisy on sellaista häikäisyä mikä on häiritsevää, mutta ei estä näkemistä kokonaan. Unified glare rating on kansainvälisen valaistuskomission (CIE) kehittämä kiusahäikäisyn laskentatapa. Valaistuslaskentaohjelmat osaavat laskea tiloille myös UGR-arvon. Taulukossa 2 kerrotaan suurimmat sallitut kiusahäikäisy määrät työskentelyalueilla. /1/

Taulukko 2. Suurimmat sallitut UGR-arvot.

Working area	Maximum allowed UGR
Drawing rooms	16
Offices	19
Industrial work, fine	22
Industrial work, medium	25
Industrial work, coarse	28

Recommended limiting glare indeces

3.1.9 Teho, sähköteho (W)

Tehon yksikkö on watti, toisinsanoin 1 joule per sekunti. Monet ajattelevat vieläkin, että lampun teho määrää kuinka paljon lamppu tuottaa valoa. Valaisinten teknisissä tiedoissa ilmoitettu ottoteho tarkoittaa vain valaisimen kuluttamaa energiamäärää. Kaikki teho ei suinkaan mene itse valon tuottamiseen, vaan osa tehosta muuttuu aina lämmöksi.

3.1.10 Valotehokkuus (lm/W)

Valotehokkuuden yksikkö on lumen per watti. Valotehokkuus kertoo valaisimesta saadun valomäärän suhteutettuna sen kuluttamaan sähkötehoon. Valotehokkuus on usein valaisinvalmistajan ilmoittama suure ja sen avulla on hyvä valita energiatehokas valaisin. Valotehokkuutta voisi kutsua myös valaisimen hyötysuhteeksi.

3.1.11 Elinikä (h)

Eliniän yksikkö on tunti. Valmistajat ilmoittavat valaisimen eliniän useilla eri tavoilla. Elinikä ilmoitetaan LED-valaisimille yleensä L70B50 lukuna, mikä kertoo millä tuntimäärällä puolella testivalaisimista on alkuperäisestä valovirrasta vielä 70 % jäljellä. Monesti valmistaja ilmoittaa myös tuntimäärän jolloin on 90

% tai 80 % valovirrasta jäljellä. Elinikä voidaan ilmoittaa myös vikaantuneiden lamppujen tai elektronisten liitäntälaitteiden prosenttiosuudella tietyn ajan kuluttua. Keski-määräiseksi eliniäksi kutsutaan aikaa, jonka aikana puolet testiin laitetuista lampuista on palanut.

Elinikää testataan optimaalisissa testiolosuhteissa, jolloin lamppu saadaan palamaan mahdollisimman pitkään. Jos valaisin joutuu altistumaan värinälle, mekaaniselle rasitukselle, kosteuden ja lämpötilan vaihteluille, niin on varmaa, ettei valmistajan ilmoittamaa elinikää tulla saavuttamaan.

4 VALONLÄHTEET

Tässä luvussa esitellään yleisimpiä valonlähteitä. Alati tiukentuvien energiatehokkuusvaatimusten johdosta monia valonlähteitä ollaan vetämässä pois markkinoilta ja uusia energiatehokkaampia valonlähteitä kehitellään yhä kiihtyvällä tahdilla. Uusimpien valonlähteiden ja tekniikoiden esittely on tässä tapauksessa turhaa, koska voimalaitoksille etsittävien valaisimien tulee olla valmista teknologiaa ja helposti saatavilla nykyisiltä toimittajilta.

4.1 Hehkulamppu



Kuvio 7. Hehkulamppu.

Hehkulamppu on lamputyypeistä vanhin. Lamppu koostuu tavallisimmin kierrekannasta, lasikuvusta ja sen sisällä olevasta volframilangasta (katso kuvio 7). Kun sähkövirta kulkee volframilangan läpi se kuumentaa sitä ja saa langan hehkumaan. Hehkulampun sisällä on joko tyhjiö tai se on täytetty inertillä kaasulla, joka hidastaa volframin haihtumista. Hehkulampun värielämpötila on noin 2700 K, eli sen valo on melko kellertävää. Tavanomaisen 60 W vakiohehkulampun elinikä on noin 1000-1500 h, sytytyskertojen määrä vaikuttaa lampun elinikään. Hehkulamppu syttyy välittömästi ja on himmennettävissä jännitettä tiputtamalla, sitä voidaan käyttää kuumissa ja kylmissä lämpötiloissa ongelmitta. Hehkulamppujen kuluttamat tehot vaihtelevat pienistä muutaman watin lampuista useiden satojen wattien lamppuihin.

95 % hehkulampun kuluttamasta energiasta muuttuu lämmöksi ja vain 5 % kuluu valon tuottamiseen. EU:ssa onkin päätetty yhteisesti luopua hehkulamppujen

käytöstä niiden huonon hyötysuhteen vuoksi. Hehkulamppujen markkinoille tuonti päättyi 2012 syksyllä. /9/

4.2 Halogeenilamppu

Halogeenilamppujen tekniikka, ulkonäkö ja ominaisuudet ovat varsin samanlaiset kuin hehkulamppujen. Halogeenilampun lasikuvun sisällä on inerttiä kaasua ja halogeenihöyryä, esimerkiksi jodi- tai bromihöyryä. Hehkulangan kuumentuessa siitä haihtuu volframikaasua, joka halogeenin kanssa reagoidessaan saa volframin tarttumaan takaisin hehkulangan kuumimpiin osiin. Tämä mahdollistaa hehkulangan käymisen kuumempana, jolloin hyötysuhde paranee ja värilämpötila kasvaa noin 300 K verrattaessa tavalliseen hehkulamppuun. Värintoistokyky on todettu erittäin hyväksi. Halogeenilampun elinikä on kaksinkertainen ja ne kuluttavat 30 % vähemmän energiaa kuin hehkulamput. Kuviossa 8 on esitelty yleisimpiä halogeenilamppuja.

Heikon energiatehokkuutensa johdosta tavallisia halogeenilamppuja on saatavilla EU:ssa vielä vuoteen 2016 saakka. Markkinoille on tullut myös uudempia B-energiatehokkuusluokan halogeenilamppuja, jotka säästävät energiaa jopa 50 % verrattaessa hehkulamppuun. Näitä lamppuja tullaan myymään todennäköisesti vuoden 2016 jälkeenkin. /9/



Kuvio 8. Halogeenilamppuja.

4.3 Loistelamppu

Loistelamppuja on monenlaisia, mutta kaikkien tekniikka perustuu sähköpurkaukseen. Lampussa on täyteaineena pieni pisara elohopeaa, sekä jalokaasuja. Täytöskaasu helpottaa lampun sytyttämistä kylmänä, sekä suojaaa katodeja lampun palaessa. Elektrodien välille saatu sähköpurkaus virittää pienipaineisen täytöskaasun atomeja. Viritettyjen atomien elektrodit synnyttävät ultraviolettisäteilyä palatessaan takaisin alemmille energiatasoille. Lampun pinnassa oleva loisteainekerros absorboi ultraviolettisäteilyä ja muuntaa sen näkyväksi valoksi. Tuotetun valon aallonpituus ja värit riippuvat käytetyistä loisteaineista. Loistelamppujen värielämpötilat vaihtelevat 2700 - 6500 K. Tyypillinen elinikä on noin 15000 h, on myös saatavilla pitkäikäisempiä erikoismalleja. Valotehokkuus on noin 15 - 100 lm/W. /10/



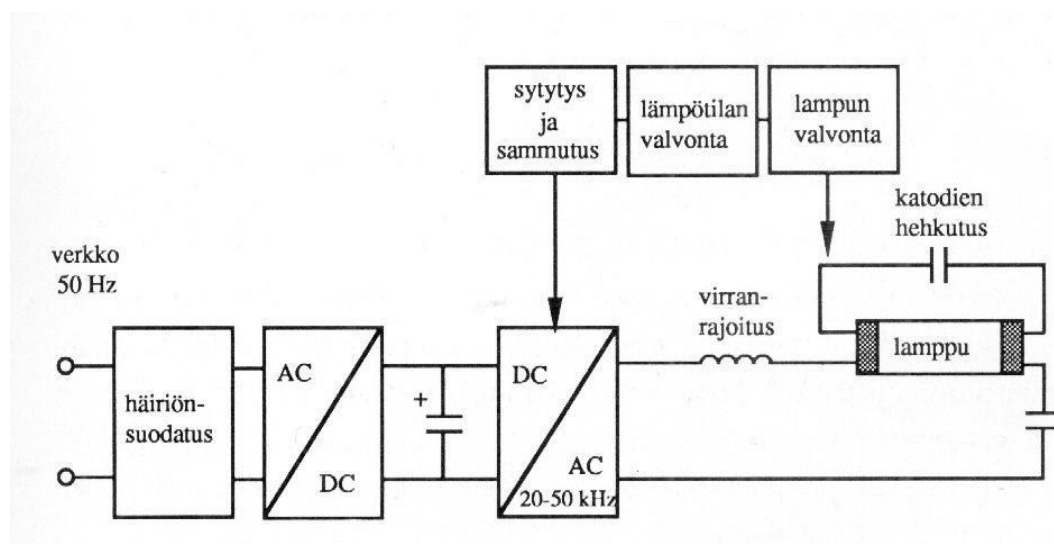
Kuvio 9. Pienoisloistelamppu ja elektroninen liitântälaite.

Kuviossa 9 on pienoisloistelamppu ja erillinen elektroninen liitântälaite. Loistelampuilla ja myös muilla purkauslampeilla on sellainen ominaisuus, että sähköpurkauksen vastus pienenee virran kasvaessa. Kytettäessä loistelamppu suoraan jännitteeseen kasvaa sen virta jatkuvasti, kunnes lopulta lamppu rikkoutuu. Tästä syystä purkausvalaisinten virtaa on rajoitettava ja se tapahtuu

käytännössä etuimpedanssin avulla, etuimpedanssina käytetään perinteisissä malleissa kuristinta (rautasydäminen kuparikäämi). /10/

4.3.1 Elektroninen liitälaitte

Loiste- ja purkauslampujen elektroniset liitälaitteet ovat korvanneet tavalliset kuristimet, sytyttimet, kompensointi- ja radiohäirintäkondensaattorit. Liitälaitteen komponentit mitoitetaan yleensä niin, että lampun valovirta pysyy samana, kuin tavallista konventionaalista kuristinta käytettäessä, jolloin lampun ottamaa tehoa voidaan pienentää. Elektroninen liitälaitte tiputtaa energiakulutusta 20 - 30 %, kun liitälaitte nostaa lampun taajuuden noin 30 000 hertsiin. Liitälaitte antaa aina oikean suuruisen jännitteen lampulle, riippumatta ensiöpuolen jännitteestä. /10/



Kuvio 10. Elektronisen liitälaitteen lohkoakaavio.

Liitälaitte sytyttää lampun välittömästi ja lamppu palaa niin korkeataajuisella välkynnällä, ettei ihmissilmä pysty sitä näkemään, eikä korva kuulemaan. Nopea syttyminen ja lämminsytytys pidentävät lampun polttoaikaa. Liitälaitteen valvontapiiri säätelee lampun tehoa, jännitettä ja virtaa. Valvontapiiri katkaisee laitteen toiminnan vikatilanteissa (viallinen lamppu tai liian korkea lämpötila) ja turvapiiri sammuttaa loppuun palaneen lampun. Liitälaitteita on tavallisia

ON/OFF tyyppisiä ja myös valonsäätöön tarkoitettuja laitteita. Kuviossa 10 on esitelty elektronisen liitännälaitteen lohkokkaavio. /10/

4.4 Purkausalamput, HID (High Intensity Discharge)

4.4.1 Elohopealamppu

Elohopealamppu, toisinsanoin elohopeahöyrylamppu on eniten käytetty lampputyyppejä Suomen tievalaistuksessa (katso kuvio 11). Toiminta on periaatteeltaan samanlainen, kuin loistelampuilla. Lampun loisteaineella päällystetyn kuvun sisällä elohopeahöyry tuottaa korkeassa paineessa ja lämpötilassa sähkömagneettista säteilyä ultraviolettisäteilyn ja näkyvän valon muodossa. Lampun kupu on kvartsilasia, jotta se kestäisi erittäin kuuman elohopeahöyryn. Lamppu tuottaa värinointokyvyltään kohtalaista, vaaleaa ja hieman sinertävää valoa. Elohopealamppu on tehokkaista kaasupurkausalampuista edullisin, mutta myös valotehokkuudeltaan ja hyötysuhteeltaan huonoin. Elohopealamppun valotehokkuus on noin 36 - 60 lm/W /4/. Tavanomaisen elohopealamppun elinikä on noin 20 000 h /13/, mutta lamppu menettää elinkaarensa aikana merkittävästi valotehoaan. Lampun syttyminen kestää noin 3-15 minuuttia. /8/

Euroopan komissio antoi vuonna 2009 uusia asetuksia koskien energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Tästä syystä huonon hyötysuhteen elohopealamppujen markkinoille tuominen Euroopassa kiellettiin 13.4.2015. Käytännössä elohopealamput tulevat siis poistumaan markkinoilta vuoden 2015 aikana. Myös monet markkinoilla olevat suurpainenaatriumpolttimot kielletään. /12/



Kuvio 11. Elohopealamppu katuvalaisimessa.

4.4.2 Monimetallilamppu

Monimetallilamppu (katso kuvio 12), toisinsanoin metallihalogeenilamppu on lähes identtinen elohopealampun kanssa, monimetallilampun kaasuseokseen on vain lisätty elohopean lisäksi muita metallien halideja. Monimetallilampun valo on valkoisempaa, kuin elohopealampun ja sen värintoistokyky ja valotehokkuus on parempi. Valotehokkuus on noin 80 - 105 lm/W /11/. Lampun teholuokka on noin 20 - 2000 W. Elinikä on tavanomaisesti noin 9000 - 12000 h. Lampun syttyminen täyteen loistoon kestää myös useita minuutteja. /8/



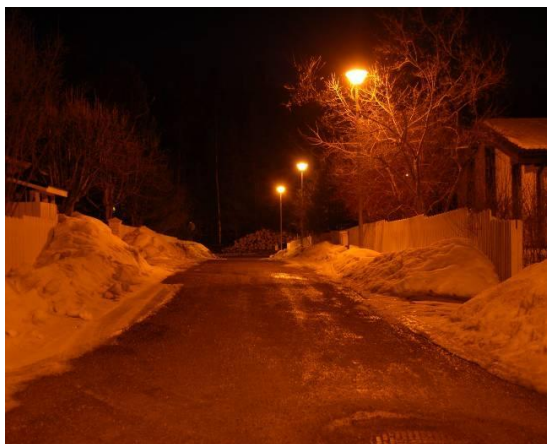
Kuvio 12. Monimetallilamppu.

Pienitehoisissa monimetallilampuissa on yleensä kestävämpi keraaminen purkausputki, mutta suurempitehoisissa purkausputki on yleensä kvartsilasia.

Lampun eliniän loppupäässä vaarana on monimetallilampun räjähtäminen haurastuneen kvartsilasin takia. Tästä syystä valaisimessa, jossa käytetään monimetallilamppuja, tulee olla hyvä suojalasi. /8/

4.4.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamppu tuottaa vaaleankeltaista valoa (katso kuvio 13), jonka väriämpötila on 1900 - 2800 K. Syttymisvaiheessa väri on valkoista, mutta lampun lämmitessä väri muuttuu vaaleankeltaiseksi. Valotehokkuus on 70 - 150 lm/W riippuen lampun teholuokasta, suurempitehoiset ovat hyötysuhteeltaan parempia. Suurpainenatriumlamput ovat teholuokaltaan yleensä 50 - 1000 W. Lampun elinikä on noin 20 000 – 32 000 h /12/, eikä valotehokkuus heikkene elinkaaren loppupäässä. Lamppua pidetään tällä hetkellä kustannustehokkaimpana valaisintyyppinä, mutta tulevaisuudessa näiden käyttö tulee loppumaan EU:n päätösten johdosta. /8/



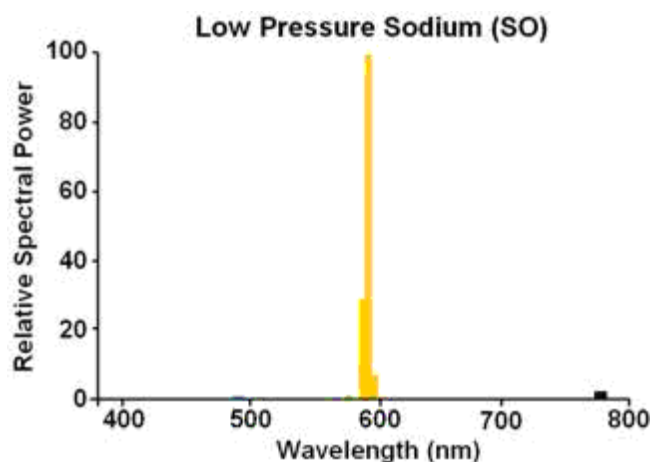
Kuvio 13. Ulkovaistutus suurpainenatriumlampuilla.

Suurpainenatriumlamppua voidaan käyttää vain sellaisissa valaisimissa, joissa on erikseen tälle lampputyypille suunniteltu liitäntälaitte. /13/

4.4.4 Pienpainenatriumlamppu

Pienpainenatriumlamppu tuottaa kirkkaankeltaista monokromaattista valoa, mutta ennen kuin se saavuttaa lopullisen värinsä, säteilee lamppu lämpenemisaikana

punaista neonvaloa. Monokromaattinen valo tarkoittaa valon sisältävän vain yhtä aallonpituutta. Kuviossa 14 on esitelty pienpainenatriumlampun spektri. /13/



Kuvio 14. Pienpainenatriumlampun spektri.

Pienpainenatriumlampun valotehokkuus on nykyisin käytössä olevista sähkövaloista paras, jopa 200 lm/W. Sitä käytetäänkin lähinnä tie- ja katuvalaistuksessa, koska erittäin huonon värintoistokykynsä ja kalleutensa takia se ei oikein muualle sovellu. Lampun elinikä on paljon alhaisempi, kuin suurpainenatriumlampulla ja valontuotto heikkenee elinkaaren loppua kohden. Tämä lamputyyppi on lähes kokonaan poistunut käytöstä, tilalle on tullut suurpainenatriumlamppu. /13/

4.5 LED (Light emitting diode)

LED on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sähkövirta kulkee diodin lävitse. Valon väri riippuu diodin puolijohdemateriaaleista. Ennen LEDejä käytettiin vain merkkivaloina, mutta tekniikan kehittyessä LEDit ovat mahdollistaneet myös ulko- ja sisätilojen valaisun.

Toimintatavasta johtuen LEDin lähettämän valon spektri on normaalisti kapea ja värintoisto on heikko. Valaisuun kelpaavaa valkoista valoa voidaan tuottaa ledeillä kahdella erilaisella tekniikalla.

1. RGB-tekniikka (Red, Blue, Green), eli sisällytetään samaan LED-yksikköön useampia erivärisiä LEDEjä.
2. Lisätään sinisen LEDin pintaan loisteaineeksi fosforia.

Yleisin tapa tuottaa valkoista valoa on tapa numero 2, koska se on edullisempi tapa ja sillä saavutetaan melko hyvä värintoisto ($R_a = 70-95$). Ulkoisen rakenteensa perusteella LEDit voidaan jakaa pintaliitosledeihin ja tavallisiin LEDEihin (katso kuvio 15). Tavallisia LEDEjä käytetään pääasiassa kohde- ja huomiovalaistuksessa. Pintaliitos-LEDit ovat kiinnitettynä suoraan piirilevyyn, jolloin niiden jäähtytys on lämmön johtumisen ansiosta parempi. Pintaliitos-LEDit ovat yleensä suurempitehoisia ja niille voidaan suunnitella laadukkaampaa optiikkaa, jonka vuoksi ne alkavat olla valaistuskäytössä suositumpia kuin perinteiset LEDit. /3/



Kuvio 15. Tavallinen LED ja pintaliitos-LED.

Yksittäisen LED-komponentin koko vaihtelee tyypillisesti muutamasta millimetristä muutama kymmeneen millimetriin jäähtytyslevyn koosta riippuen. Valaisimen rakenteesta ja koosta riippuen siinä voi olla yksittäisiä LEDEjä jopa satoja kappaleita.

LEDit toimivat tasajännitteellä, joten verkkoon kytkettäessä ne tarvitsevat liitäntälaitteen, energiatehokkain liitäntä tapahtuu hakkuriteholähteellä. Niissä ei myöskään ole hehkulankaa, joten ne kestävät hyvin mekaanista rasitusta. LEDin elinikää kasvattaa parhaiten hyvä jäähtytys ja laadukas liitäntälaitte, joka pitää virran tasaisena ja suojaa LEDiä ylikuormitukselta ja liialta lämpenemiseltä.

LED-valaisimien eliniät vaihtelevat 10 000 – 100 000 h välillä, riippuen valaisimen tyypistä. Elinikä ilmoitetaan yleensä L70-lukuna, joka kertoo milloin valaisimen alkuperäisestä valaisuvoimakkuudesta on 70 % jäljellä. Valaisimien valotehokkuus on parhaimmillaan yli 100 lm/W. Värintoistoindeksi on hyvä, joissakin valaisimissa värintoistoindeksi vastaa halogeenilampun luokkaa. /11/

LED-valaisinten hyviä puolia:

- Erittäin pieni koko ja ohut rakenne
- LED-valo ei tuota IR- tai UV-säteilyä
- LED toimii paremmin kylmässä ympäristössä. Esim. jääkaappivalon käyttöikä on huomattavasti pidempi verrattuna huonelämpötilassa olevaan valoon.
- Pitkä käyttöikä.
- Ei reagoi iskuihin tai tärinään.
- Helppo käyttää, käynnistyy heti täydellä teholla ja valotehoa voidaan säätää helposti välillä 0 – 100 %.
- LED-valo ei vilku, koska käyttöjännite on tasavirta(DC).
- Sytyttämiset/sammuttamiset eivät vaikuta kielteisesti, päinvastoin – käyttöikä pitenee.
- LEDillä on korkea valoteho ja valoa voidaan muokata yksinkertaisella muovilinssillä tai heijastimella pienillä häviöillä.
- Ei sisällä elohopeaa tai muita raskasmetalleja.
- Käytetään matalajännitettä, helppo ja turvallinen asentaa.

LED-valaisinten huonoja puolia:

- Huono lämmönkestävyys.
- Vaatii aina liitäntälaitteen.
- Valaistuksen hankintakustannukset ovat kohtuullisen suuret.
- Pistemäinen valonlähde.

LED-valaisimia on useisiin eri käyttötarkoituksiin, mm. turvavalaitukseen, työpiste- ja lukuvalaitukseen, kohdevalaitukseen, yleisvalaitukseen, arkkitehtuuri (korostusvalaitus, ”hifistely”), tehostevalaitukseen ja ulkovalaitukseen löytyy useita eri vaihtoehtoja. LED-valaisimien kehitys on ollut viime vuosina hurjaa ja kehitys tulee edelleen jatkumaan. LED-tekniikasta on povattu korvaajaa useille perinteisille valaistustekniikoille energiatehokkuutensa ja ympäristöystävällisyytensä takia.

5 POWER PLANTS, VALAISTUKSEN NYKYTILA

Valaistuksen osuus rakennuskustannuksista on suurissa ja monimutkaisissa voimalaitosprojekteissa marginaalinen. Sales Tools General Manager Mats Ribackan ja Electric Installation Costing Estimator Jani Aurelin mukaan valaistuksen ja sähköistyksen osuus koko voimalaitosprojektin kokonaiskustannuksista on noin 1 % ja valaistuksen osuus siitä on noin viidennes.

Tämän kappaleen tiedot valaistusjärjestelmästä pohjautuvat Wärtsilän valaistusjärjestelmän Design Description käsikirjaan (DBAC239637 rev. B).

5.1 Aluevalaistus

Aluevalaistuksen tarkoituksena on valaista kulkutiet, tasanteet, korokkeet ja suuremmat alueet, kuten polttoainetankkialueet ja jäähdyttäjäkentät. Kohdevalaistusta voidaan käyttää erilaisiin laitteisiin, tai paikkoihin joissa tarvitaan enemmän valaistusta. Ulkoaluevalaistusta ohjataan hämäräkytkimillä. Ulkotilojen asennuksissa IP-luokka on 44 - 67, riippuen asennuspaikasta. Valonlähteinä käytetään korkeapainenatrium- tai elohopealamppuja. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus vaihtelee 5 - 50 luksin välillä ja valaistuksessa käytetään mieluiten epäsymmetristä valonjakoa. Aluevalaistukselle on omat keskuksensa.

5.2 Katuvalaistus

Katuvalaistuksen tarkoituksena on valaista kadut, tiet, jalkakäytävät ja parkkipaikat. Katuvalaistusta ohjataan hämäräkytkimillä. Tien alle asennettavat kaapelit asennetaan putkeen. Tyypilliset keskimääräiset valaistusvoimakkuudet ovat 5 - 20 luksia ja IP-luokka on 44 - 65. Valonlähteinä käytetään korkeapainenatriumlamppuja.

5.3 Päävalaistus

Päävalaistuksen tarkoituksena on antaa riittävä valaistus työskentelykorkeudelle voimalaitoksen eri alueilla. Valaistuslaskelmia tehtäessä työskentelykorkeutena

pidetään 0,8 m. Erityistä huomiota kiinnitetään valon laatuun toimistoissa, valvomossa ja muissa huoneissa, joissa suoritetaan vaativia tehtäviä. Valaistuksen laatu on riittävän hyvä, kun E_{min}/E_{max} suhde on vähintään 0,5 ja u_0 arvo on välillä 0,4 - 0,7. Huoltosuhde on aina laskelmissa 0,7 ja värinsoistoindeksi vaativan työn alueilla tulisi olla <85 . Tyypilliset keskimääräiset valaistusvoimakkuudet ovat 150 - 500 luksia. Koteloitujen valaisimien IP-luokka on 44 - 67 ja avointen valaisinmallien IP-luokka 20 - 23.

Moottorihallissa käytetään suojattuja valaisimia korkeapainenatrium- tai elohopealampuilla ja suojattuja loisteputkivalaisimia. Kompressorihuoneissa, polttoaineen käsittelyrakennuksessa, polttoaineen pumppausasemalla, verstaalla ja katoksissa käytetään suojattuja loisteputkivalaisimia. Käytävillä, valvomoissa ja toimistoissa, joissa on alaslaskettu katto, käytetään avoimia loisteputkivalaisimia. Huoneissa, joissa ei ole alaslaskettua kattoa, käytetään suojattuja tai avoimia loisteputkivalaisimia, riippuen huoneen käyttötarkoituksesta.

5.4 Turvavalaistus

Turvavalaistuksen tarkoituksena on mahdollistaa töiden turvallinen lopettaminen ja ihmisten poistuminen kiinteistöstä hätätilanteessa. Turvavalaistus toteutetaan valaisimilla, joissa on sisäänrakennettu akku. Ohjesääntönä on, että joka kolmas valaisin tulisi olla turvavalaisin. Sisätiloissa rappusissa ja telineissä tulisi olla turvavalaistus. Turvavalaistuksen tulisi seurata hätäpoistumistietä ja valaistusta tulisi olla myös korotetuissa lattiatiloissa. Tyypilliset keskimääräiset valaistusvoimakkuudet ovat 1 - 5 luksia. IP-luokka on toimistoissa, valvomoissa ja alaslasketulla katolla varustetuissa huoneissa 20 - 34. IP-luokka kosteissa tai pölyisissä tiloissa on 44 - 67. Euroopassa käytetään akullisia loisteputkivalaisimia ja Amerikan alueilla akullisia LED-valaisimia.

5.5 Poistumistievalaistus

Poistumistievalaisin on joko vihreä tai punainen piktogrammi, tai ”EXIT” teksti riippuen minnepäin maailmaa voimalaitos valmistuu. Poistumistievalaisimia tarvitaan osoittamaan poistumistiet rakennuksesta hätätilanteissa. Valaisinten

vähimmäistoiminta-aika akun varassa on yksi tunti. IP-luokka poistumistievalaisimille toimistoissa, valvomoissa ja alaslasketulla katolla varustetuissa huoneissa on 20 - 34 ja kosteissa tai pölyisissä tiloissa 44 - 67. Poistumistievalaisimet ovat joko LED-tai loistelamppuvalonlähteellä. Poistumistievalaisin täytyy näkyä 20 - 40 metrin päähän.

Katseluetäisyys lasketaan kaavan 1 mukaan.

$$D = s * p \quad (1)$$

D = katseluetäisyys

P = piktogrammin korkeus

S = vakio, 200

Poistumistievalaisimet tulisi sijoittaa jokaisen oven luo, jotka johtavat uloskäynnille, viimeiselle ovelle josta pääsee ulos rakennuksesta, rappusiin, rappusten muutoskohtiin, paikkoihin jossa suunta muuttuu ja jokaisen käytävän jokaiseen risteykseen.

Käytettäessä keskitettyä akustoa josta virta tulee poistumistievalaisimille ja turvavalaisimille, tulee käyttää tulenkestävää kaapelia akuilta valaisimille asti.

5.6 Lentovalaistus

Moottoreiden pakokaasut johdetaan korkealle ilmaan savupiipuista. Nämä savupiiput täytyy varustaa punaisilla valoilla, jotka varoittavat ilma-aluksia esteestä. Alle 45 metriä korkeat piiput varustetaan 32 kandelan tasaisesti palavilla valoilla. Yli 45 metriä korkeat piiput varustetaan puolivälissä tasaisesti palavilla 32 kandelan valoilla ja piipun huipulla 2000 kandelan vilkkuvilla valoilla. Vähintään yhden estevalon täytyy näkyä aina lähestyvistä lentokoneesta katsottaessa.

Estevalokeskuksessa on valojen ohjausyksikkö, valvonta, akusto, sulakkeet ja riviliittimet. Estevalokeskukselta lähtee hälytys valvomoon, jos jokin valo on

vikaantunut. IP-luokka keskukselle on 54 ja 67 valaisimille. Valonlähteenä käytetään LEDiä.

5.7 Keskukset

Keskukset toimivat alue- tai rakennuskohtaisesti. Keskuksissa on pääkatkaisijat, sulakkeet, releet, vikavirtasuojat, valaistuksen ohjaus ja hämäräkytkimet. Valaistuskeskukset syöttävät myös pistorasiakeskuksia. Keskuksen IP-luokka on tavallisesti 54. Kuumissa olosuhteissa olevat keskukset on varustettu jäähdystyystuulettimilla. Keskuksissa on tavallisesti 30 % varalähtöjä tulevaisuuden muutoksien varalle. Keskukset pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle kulutuspeiteitä, jolloin kaapeleiden asennuspituudet eivät ole liian pitkiä, kaapeleiden koot eivät kasva turhan suuriksi ja jännitteen alenema pysyy sallituissa rajoissa. Wärtsilä käyttää kuvion 16 mukaisia keskuksia.

Type	Frequents	Main fuse	Modules	Panel size (mm)	Drawing nr
1	50 Hz	32 A	180	1000x1000x300	DBAC784808
2	50 Hz	63 A	270	1200x1000x300	DBAC784809
3	50 Hz	100 A	360	1400x1000x300	DBAC784810
4	60 Hz	63 A	132	760x760x300	DBAA804784
5	60 Hz	125 A	180	760x1000x300	DBAA804675
6	60 Hz	200 A	270	1000x1000x300	DBAA804672

Kuvio 16. Standardoidut keskuskooot.

5.8 Kytkimet

Kytkimiä ja painonappeja käytetään valojen kytkemiseksi päälle ja pois. Kytkimiä käytetään jos valaistusta ohjataan 1-3 eri paikasta. Painonappeja käytetään, jos valaistusta ohjataan useammasta kuin kolmesta paikasta, on kaksi- tai kolmevaiheiset syötöt ja jos ohjataan useampaa syöttöä yhdellä napilla. Painonappeja käytetään myös jos on pitkät etäisyydet ohjauspisteiden välillä. Kytkimet ovat muovisia toimistoissa, valvomoissa, alaslasketuilla katoilla varustetuissa huoneissa ja tiloissa joissa ne eivät altistu mekaaniselle rasitukselle. Mekaaniselle rasitukselle altistuvat kytkimet on valmistettu metallista.

Ulkovalaistusta ohjataan hämähäkytkimillä. IP-luokat ovat siisteissä sisätiloissa 21 - 23 ja kosteissa tai pölyisissä tiloissa 44 - 67.

5.9 Muuntajat

Muuntajia tarvitaan mm. Amerikan projekteissa, jotta valaisimille saadaan oikeanlaista jännitettä. Muuntajat sijaitsevat yleensä valaistuskeskusten lähellä lattialla. Tyypillinen muuntajan luokitus on 480/240/120 V 60 Hz, kun pääjännite valaistukselle on 240 V ja yksivaihejännite 120 V.

5.10 Asennusmateriaalit

Kytkenärasiat ovat muovisia ja IP-luokaltaan 55, jos ne eivät ole alttiita mekaaniselle rasitukselle. Metallisia kytkentärasioita käytetään mekaaniselle rasitukselle alttiissa paikoissa ja ne ovat IP-luokaltaan 44 - 67.

Käytetään Meka Pro Oy:n valmistamia kaapelihyllyjä. Mekalla on myös laaja valikoima erilaisia kannatuskiskoja, kiinnikkeitä ja muita tarvikkeita, joita voidaan käyttää valaisinten asennuksiin. Myös valaisinvalmistajien omia kiinnitystarvikkeita voidaan käyttää. Alumiinisia asennusputkia käytetään kaapeleiden suojaksi jos kaapelia ei ole asennettu kaapelihyllylle, valaistuskiskolle, tai kaapelikouruun. Muovisia asennusputkia käytetään betonin sisällä ja teiden alapuolisissa johdotuksissa.

Aluevalaistuksessa ja katuvalaistuksessa valaisimet asennetaan 8-12 metriä korkeisiin pylväisiin, jolloin valo jakautuu hyvin laajalle alueelle. Maanpäällä kulkevilla kulkusilloilla käytetään 4 metriä korkeita taittavia pylväitä. Yhteen valaisinpylväeseen voidaan asentaa useita eri valaisimia.

5.11 Räjähäysvaaralliset tilat

Räjähäysvaarallisten tilojen sähköasennuksissa noudatetaan kansainvälisiä standardeja ja kunkin maan omia säännöksiä. EEx-alue määritellään vaarallisten alueiden asemakuvasta. Asemakuvasta löytyy vähintään nämä tärkeät tiedot:

- standardi, jota käytetty tilan luokittelussa

- vaarallisen aineen laatu (höyry, kaasu, pöly) ja sen ominaisuudet
- vaarallisen alueen luokitus (luokka, osa-alue tai vyöhyke, ryhmä) ja lämpötilaluokka kaasulle
- vaarallisen alueen luokitus (luokka, osa-alue tai vyöhyke, ryhmä) ja syttymislämpötila pölylle.

Sähköasennukset räjähdysvaarallisilla alueilla pyritään minimoimaan. Kaikki käytetyt materiaalit (valaisimet, turvavalaisimet, poistumistievalaisimet, kytkimet, pistorasiat, töpselit, kytkentärsiat, läpiviennit ja kaapelit) räjähdysvaarallisilla alueilla tulee valita alueen luokittelun mukaan. Kaikki laitteet ja työkalut, joita käytetään räjähdysvaarallisilla alueilla, tulee olla EEx-hyväksytyjä. Kaikki laitteet räjähdysvaarallisen alueen yläpuolella tulee olla standardien mukaisia.

5.12 Testit ja tarkastukset

Keskukset käyvät läpi hyväksyntätestin valmistuspaikassaan ennen lähettämistä työmaalle. Työmaalla asennuksia tarkastetaan jatkuvasti silmämääräisesti. Vikavirtasuojakytkimien toiminta testataan ja pistorasioiden vaihejärjestykset tarkastetaan ja eristysmittaukset suoritetaan. Viimeisenä tehdään valaistusvoimakkuuksien mittaus, jolla varmistetaan valaistuksen olevan voimakkuudelta DIALux laskelmien mukainen.

5.13 Suunnittelussa käytetyt standardit

Valaistuksessa:

- ISO 8995-2002 Lighting of indoor work places.

Turva- ja poistumistievalaistuksessa:

- EN 50171-2001 Central power supply systems
- EN 50172 Emergency escape lighting systems
- EN 60598-2-22 1999 Luminaires. Particular requirements. Luminaires for emergency lighting
- EN 1838-1999 Lighting applications. Emergency lighting.

Lentovalaistuksessa:

- ICAO Annex 14 Aerodromes
- AC 70 Obstruction Marking and Lighting.

Räjähdyksivaaralliset alueet:

- IEC 60079-14 Explosive atmospheres Part 14: Electrical installation design, selection and erection.

5.14 Dokumentaatio

Wärtsilä luovuttaa asiakkaalleen projektin valmistuessa suuret määrät voimalaitoksen toimintaan ja käyttöön liittyvää dokumentaatiota. Valaistukseen liittyvät dokumentit:

- Emergency lighting layout of buildings
- Lighting system layouts
- Light Fitting Table
- Lighting panel drawings & lists
- Obstructio lighting panel drawings
- Wiring diagrams
- Lighting system material list
- Local purchase material list
- Installation material list
- Illumination calculation report.

6 PROJEKTIN TOTEUTUS JA TUOTOKSET

Työn tarkoituksena on saada energiatehokkaampi vaihtoehto nykyiselle valaistusjärjestelmälle, koska asiakkaat ovat alkaneet sellaista kyselemään.

LED-valaistuksen käyttöä on tutkittu viimeksi 2012 - 2013, ja silloin tultiin siihen johtopäätökseen, että LED-tekniikka ei ole vielä kylliksi kehittynyttä. Joillakin alueilla vaadittiin enemmän valaisimia kuin tavanomaisessa järjestelmässä ja se johti siihen, että energiankulutus oli loppujen lopuksi suurempi kuin vanhoilla valaisimilla.

Opinnäytetyön aloituspalaverissa 13.1.2015 oli mukana minun lisäksi opinnäytetyön ohjaaja Tapani Esala, Vaasan ammattikorkeakoulusta ja Wärtsilältä Anders Norrgård, Development Engineer, Electrical. Yhteisesti päätettiin, että säästöjä yritetään saada lähinnä valaisimien vaihdolla energiatehokkaampiin malleihin. Valaisinmallien tuli olla melko samanlaisia kuin nykyisten mallien, jotta voitaisiin käyttää samoja valaistuskiskoja ja asennusratkaisuja. Valaistuksen älykkäämmällä ohjauksella voitaisiin myös saada jonkinlaisia säästöjä, mutta itse valaisimien energiankulutuksen vähentäminen todettiin tärkeämmäksi.

Haluttiin saada sellainen vaihtoehto, että valaisimia olisi heti saatavilla Wärtsilän käyttämiltä toimittajilta. Tästä syystä uusia innovatiivisia valaistustekniikoita ei tähän työhön otettu mukaan. Wärtsilällä on kuitenkin keskustelua uusien valaisinvalmistajien kanssa, ja heidän tuotteiden mahdollista käyttöä voimalaitosten valaistuksessa tutkitaan. Uusia innovatiivisia valaistustekniikoita tarjoaa mm. vaasalainen LumiTar Oy Array LeS valaisimillaan ja ruotsalainen Solljus Ab.

6.1 Valaisimien kysely

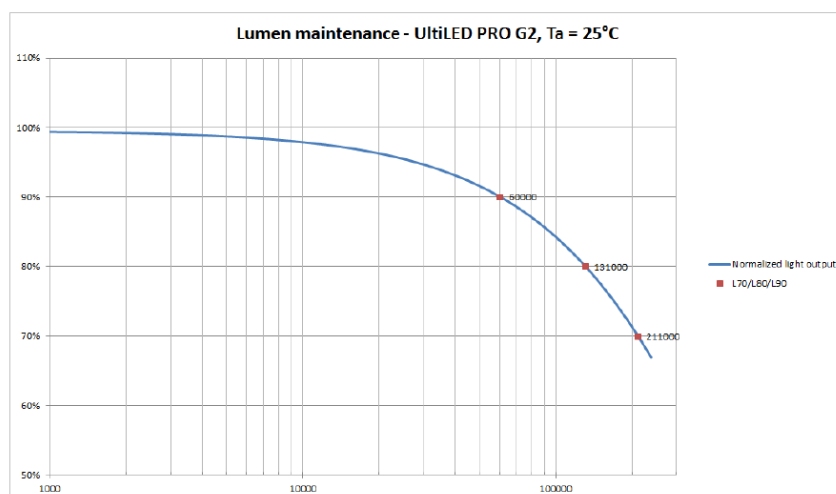
Lähetin SLO:lle ja Onniselle kyselyt, joissa selvitin, että etsimme energiatehokkaampia valaisimia nykyisten valaisimien tilalle. Laitoin heille liitteeksi materiaalilistan Wärtsilän nykyisin käyttämistä valaisimista ja pyysin heitä tarjoamaan energiatehokkaammat vaihtoehdot kyseisistä malleista.

Materiaalilistaan kuului syvästeilijöitä, Low Bay valaisimia, valonheittäjiä, teollisuusloisteputkivalaisimia korkealla IP-luokituksella, uppoasennettavia ja pinta-asennettavia loisteputkivalaisimia toimistoihin, WC- ja keittiöloisteputkivalaisimia, katuvalaisimia, hätäpoistumistievalaisimia ja lentovaloja.

Noin kuukauden kuluttua kyselystä aloin saamaan erilaisia vaihtoehtoja hintoineen. SLO tarjosi Glamoxin ja Philipsin valaisimia, ja Onninen tarjosi Philipsin ja Aura Lightin valaisimia. Kaikki valaisimet olivat LED-valaisimia. Mitkään tarjoukset eivät olleet täydellisiä, sillä miltään valmistajalta ei löytynyt vaihtoehtoa kaikkiin nykyisin käytettäviin valaisimiin. Glamoxilta tuli laajin tarjonta eri valaisimia, mm. pinta- ja uppoasennettavia toimistovalaisimia oli eniten. Philipsillä oli myös kattava valikoima erilaisia vaihtoehtoja, mm. valonheittäjiä oli tarjolla useampaa eri mallia. Aura Lightin valaisimia oli myös montaa eri mallia.

Aura Lightin valaisimille ei löytynyt juuri millekään minkäänlaisia teknisiä tietoja valmistajan sivuilta tai muualtakaan Internetistä. Kysyessäni lisätietoja Aura Lightin valaisimista, annettiin niille jopa yli tuhat luumenia heikompia suorituskykyarvoja kuin alkuperäisessä listassa. Esimerkiksi Tornado Steel 2x23W UltiLED long life G4 valaisimelle luvattiin ensiksi 6000 lm valovirtaa, kysyttäessä lisätietoja kerrottiin lumenimäärän olevan 4278. DIALux valaistuslaskentaohjelmaan tarvittavia tiedostojakaan ei kaikille Aura Lightin valaisimille löytynyt. Vaikka valaisimille ei löytynyt tietoja, löytyi Aura Lightin valonlähteille hyvät tekniset tiedot ja ne lupasivat UltiLED G2 LED-putkelle 25 asteen optimilämpötilassa L70 eliniäksi 211 000 h. Kuviosta 17 näkee Aura Light UltiLED G2 LED-putken eliniän graafisena esityksenä.

Calculated LED Lifetime h (TM-21)	L70	L80	L90
	211 000	131 000	60 000



Kuvio 17. Aura Light LED-putken elinikä.

Glamoxin valaisimista kuudelle eri mallille ei löytynyt teknisiä tietoja. Lisätietoja kysyttäessä valmistaja löysi tekniset tiedot vain kahdelle valaisintyypille. Muut olivat niin uusia malleja, ettei niille löytynyt mitään teknisiä tietoja eikä DIALux tiedostoja, joitain malleja ei oltu edes koskaan valmistettu. Mielenkiintoista, että tällaisille tuotteille löytyy kuitenkin hinta. Jätin nämä valaisimet kokonaan pois tekemistäni valaisinluetteloista.

Yhteenvetona voin todeta, että täytyy olla todella tarkka saamiensa tarjousten kanssa. Kaikissa eri valmistajien valaisinlistauksissa oli erilaisia tietoja ja pienempiä tai suurempia virheitä.

6.2 Valaisinluettelon teko

Käytin pohjana alkuperäisten valaisimien materiaalilistaa, johon listasin rinnalle jokaisen valaisimen kohdalle korvaavan tuotteen, jos sellainen oli. Listasin valaisimet valmistaja- ja toimittajakohtaisesti.

Etsin ja merkitsin listaan jokaisen valaisimen lumen määrän, värielämpötilan, värintoistoindeksin, minimi- ja maksimikäyttölämpötilat, IP-luokan ja ottotehon. Laitoin vielä jokaiselle valaisimelle linkin valaisimen tarkempiin teknisiin

tietoihin, jos sellaisia oli. Laitoin myös valaisinluetteloon jokaisen valaisimen hinnan. Valaisinluettelon löytää liitteestä 2.

6.3 DIALux-laskelmat

Valaistuslaskelmat tehdään aina jokaisessa voimalaitosprojektissa, jotta varmistetaan, valaistuksen täyttävän vaaditut normit. Laskentaohjelmana käytetään ilmaisohjelmaa nimeltään DIALux. Laskelmien tarkoituksena on selvittää ovatko korvaavat valaisimet riittävän hyviä, että niillä voi korvata vanhat valaisimet ilman niiden sijainnin muuttamista. Tavallisesti DIALux laskelmat suorittaa insinööritoimisto Citecin työntekijät, mutta asioiden nopeuttamiseksi tein ne itse.

Käytin esimerkkiprojektina kuvion 18 mukaista 7 moottorin raskasöljykäyttöistä voimalaitosta.



Kuvio 18. Esimerkkiprojekti voimalaitosilmakuvassa.

Valaistuksen laatu on riittävän hyvä, kun E_{min}/E_{max} suhde on vähintään 0,5, u_0 arvo on välillä 0,4-0,7 ja tilojen keskimääräiset valaistusvoimakkuudet ovat Wärtsilän tekemän Light fixtures in different rooms dokumentin mukaisia. Dokumentissa luetellaan, kuinka paljon lukseja täytyy missäkin voimalaitoksen tilassa olla. Laskelmia tehdessä työskentelykorkeus Wärtsilän laskemissa on 0,8 m ja huoltokerroin 0,7. Heijastussuhde on katossa 80 %, seinillä 50% ja lattiassa 20 %.

En voinut käyttää valmiita alkuperäisten valaisimien laskentatuloksia vertailussa, koska en saanut millään laskettua täysin samanlaisia tuloksia, kuin alkuperäisissä Citecin tekemissä laskelmissa. Kaikki asetukset olivat oikein, mutta valaisimien DIALux liitännäiset olivat luultavasti hieman erilaisia verrattuna viiden vuoden takaisiin liitännäisiin, siitä johtui pieni ero laskentojen tuloksissa. Piirsin jokaisen tilan ja huoneen alkuperäisten laskelmien mukaisiksi ja tein laskelmat alkuperäisillä valaisimilla.

Laskelmien teko vaihtoehtoisille valaisimille oli helppoa, koska tarvitsi vain vaihtaa vanhan valaisimen tilalle uusi valaisin. Kaikki asetukset ja valaisimien sijainnit pidettiin samana vertailukelpoisten tulosten saamiseksi. Laskelmat tehtiin kaikille valaisimille, joita projektissa oli käytetty ja joille löytyi korvaava vaihtoehto. Valaistuslaskelmat tehtiin jokaisesta tilasta mitä esimerkkiprojektissa oli. Laskelmat tehtiin erikseen myös turvavalaisuudelle.

Liitteessä 1 on esimerkki DIALux laskelman yhteenvetosivusta. Ensimmäisenä on alkuperäisellä valaistuksella laskettu Fuel Treatment House, sitten Glamoxin ja Philipsin vaihtoehtoilla. Laskelmista voi huomata, että tässä tilassa LED-vaihtoehtoilla keskimääräinen valaistusvoimakkuus oli hieman suurempi kuin alkuperäisellä valaistuksella.

Kaikista laskelmista tuli selville, että tarjotut valaisimet kullekin eri tyyppille olivat ominaisuuksiltaan melkein alkuperäistä vastaavia. Keskimääräiset valaistusvoimakkuudet olivat joko hieman suurempia tai hieman pienempiä kuin alkuperäisillä valaisimilla, mutta kaikki olivat hyväksyttävissä rajoissa.

6.4 Hankintahinnat

Tässä tarkastelussa riittää, että tarkastelen hankintakustannuksissa vain valaisimien hintoja, koska valaisimien asennuskustannukset ovat samat.

Liitteessä 3 on esimerkki projektin valaisinpositioluettelosta, jossa on alkuperäiset valaisimet ja vaihtoehtoiset LED-valaisimet. Vaihtoehtoisina valaisimina on käytetty Philipsin ja Glamoxin tuotteita, joita pystytään hankkimaan Wärtsilän käyttämiltä molemmilta toimittajilta. Aura Lightin valaisimia en käyttänyt, koska

niille ei ole edes kunnollisia teknisiä tietoja. Philipsin ja Glamoxin tuotevalikoimat ovat muutenkin kattavampia ja helpommin hankittavissa myös projekteihin paikallisesti.

Käytin alkuperäisille valaisimille ja vaihtoehtoisille valaisimille hankintahintoina SLO:n hintoja. Alkuperäisten ja vaihtoehtoisten valaisinten hankintahintaero pysyy prosentuaalisesti melkein samana, hankitaan valaisimet kummalta toimittajalta tahansa.

LED-valaisimet tulevat esimerkkiprojektissa 2,225 kertaa kalliimmaksi, kuin alkuperäiset projektissa käytetyt valaisimet. LED-valaisimien kokonaispätöteho on 37 257 W, ja alkuperäisten valaisimien kokonaispätöteho on 55 702 W.

Alkuperäisissä valaisimissa on loiste- ja purkauslamppuja, jotka kuluttavat loistehoa. Loisteputki- ja purkausvalaisimien $\cos \phi$ on noin 0,95, kun taas LED-valaisimilla se on 1, mikä tarkoittaa, että loiste- ja purkausvalaisimien näennäistehon kulutus on melkein 5 % suurempi kuin LED-valaisimien.

6.5 Elinkaaritarkastelu

Elinkaaritarkastelussa oletetaan esimerkkivoimalaitoksen käyttöäksi 30 vuotta. Valaistus jaetaan suurpiirteisesti kolmeen osaan: 8760 h vuodessa palava valaistus (moottorihalli ja valvomo), 4500 h vuodessa palava valaistus (ulkovalaistus) ja 3000 h vuodessa palava muu valaistus (esim. toimistotilat). Sitten lasketaan alkuperäisten- ja LED-valaisimien sähköenergian kulutus 30 vuoden ajalle. Loistehoa ei olla otettu laskelmissa huomioon, mikä antaisi LED-valaisimille lisäetua. Sähköenergian hinnaksi oletettiin noin 5 centtiä / kWh. Tähän sähköenergian hintaan lisättiin vielä valaisimien hankintahinnat.

LED-valaistus tulee korkeammasta hankintahinnastaan huolimatta olemaan noin 14 % halvempi kuin alkuperäinen valaistus, jos huoltokustannuksia ei oteta huomioon.

Huoltokustannuksia laskettaessa oletettiin LED-valaisimen kestävän 50 000 h, suurpainenatriumlampun 20 000 h, monimetallilampun 15 000 h ja

loisteputkilampun 15 000 h. 30 vuoden aikana valaisimen huolto tulee toteuttaa kuvion 19 mukaisesti alkuperäisillä valaisimilla ja kuvion 20 Mukaisesti LED-valaisimilla.

HUOLTOKULUT:					
CR+EH huolletaan:		Ulkovalot:		Muut:	
16,52	kertaa	5,75	kertaa	5	kertaa

Kuvio 19. Alkuperäisten valaisimien huoltokerrat.

HUOLTOKULUT:		
CR+EH:	Ulkovalot:	Muut:
4,256 kertaa	1,7 kertaa	0,8 kertaa

Kuvio 20. LED-valaisimien huoltokerrat.

Alkuperäisten valaisimien huoltokustannukset ovat merkittävästi halvemmat, koska loisteputkien hinnat ovat noin 2 – 4 €/kpl ja kaasupurkauslamppujen hinnat noin 8-14 €/kpl. Esimerkissä käytettävät LED-valaisimet olivat sellaisia, että elinkaarensa lopussa ne tulee korvata uusilla valaisimilla, eli LED-valaisimen huoltohinnaksi tulee sen hankintahinta. Itse työn osuutta ei huoltokustannuksissa otettu huomioon, koska työn hintaa on niin vaikea määritellä. LED-valaisimen vaihtotyö on joka tapauksessa aikaa kuluttavampaa kuin pelkän lampun vaihto, eli huoltotyö tulee LED-valaisimilla kalliimmaksi.

Tässä elinkaaritarkastelussa LED-valaistus tulee olemaan noin 38,6 % kalliimpi, kuin alkuperäinen valaistus. Tämä johtuu siitä, että LED-valaisin joudutaan aina korvaamaan uudella valaisimella.

Todellisia kustannuksia on erittäin vaikea laskea, mutta tämä elinkaaritarkastelu antaa suuntaa antavia tuloksia. Todellisuudessa eliniät voivat olla suuntaan tai toiseen erilaiset ja hankintahinnat ja huoltokustannukset voivat muuttua ajan kuluessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Listamiani vaihtoehtoisia LED-valaisimia voidaan käyttää alkuperäisten valaisimien korvaajina kaikissa voimalaitoksen tiloissa. Valaistusvoimakkuudet ja valon laatu täyttävät Wärtsilän käyttämät laatukriteerit. Toimitusajat pysyvät eri valmistajien LED-valaisimille 2-8 viikon sisällä.

Yhtenä ehtona on se, että valaisimien maksimi käyttölämpötilat eivät saa ylittyä. LED-valaisin menettää valotehoaan ja elinikänsä merkittävästi kuumissa lämpötiloissa, ja lakkaa lopulta kokonaan toimimasta lämpötilan noustessa yli sallitun maksimilämpötilan. Teollisuuskäyttöön tarkoitettujen LED-valaisinten maksimikäyttölämpötilat ovat noin 35 – 45 astetta. Moottorihallissa lämpötilat voivat pahimmillaan olla yli 17 astetta korkeammat, kuin ulkolämpötila. Myös Fuel Treatment Housen lämpötilat ovat ulkolämpötiloja vastaavat.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että toimistotiloihin ja muihin tiloihin, joissa lämpötila on +20 asteen luokkaa, voidaan vaihtoehtona tarjota led valaisimia. Ulkotiloihin LED-valaisimia voidaan tarjota ulkolämpötilan pysyessä -40 asteen ja +40 asteen välissä. Moottorihalliin ei myydy LED-vaihtoehtoja, jos ulkolämpötila ja siihen lisätty 17 asteen lämpenemä ylittää valaisimen tiedoissa olevan maksimilämpötilan.

2,225 kertaa suurempia valaisimien hankintakustannuksia voidaan perustella yli kolmanneksen pienemmällä energiankulutuksella LED-valaisimen hyväksi.

LED-teknologia kehittyy kokoajan hurjaa tahtia ja uusia valaisinmalleja tulee jatkuvasti lisää. Mielestäni ei ole mitään kiirettä siirtää koko Wärtsilän voimalaitosten valaistusta LED-teknologiaan, koska nykyisellä LED-teknologialla elinkaarikustannukset ovat korkeammat kuin tavanomaisella valaistuksella. Kannattaa rauhassa seurata LED-valaisinten markkinoiden kehitystä ja uusien valaistuslähteiden kehittymistä. On kuitenkin tärkeää, että Wärtsilällä on nyt mahdollisuus tarjota tavallisten valaisimien tilalle samankaltainen LED-vaihtoehto, jolla saadaan aikaiseksi sähköenergian säästöä.

Tästä opinnäytetyöstä saatu ratkaisu korvaa vanhan järjestelmän samanlaisilla LED versioilla, jolloin käytettyjen valaisimien lukumäärä pysyy samana.

Tulevaisuudessa olisi hyvä tehdä sellainen tarkastelu, missä koko valaistusjärjestelmää tarkastellaan ja pyritään vähentämään valaisinten lukumäärää. Uudella suunnittelulla ja erityyppisten valaisimien käytöllä voitaisiin saada valaisinten määrää vähennettyä, jolloin hankintakustannuksia voitaisiin saada alemmaksi. Myös asennus- ja huoltokustannuksien säästö voisi olla merkittävä, kun asennettavia valaisimia on vähemmän.

Olisi hyvä myös tutkailla älykkään valaistuksen tuomia etuja/haittoja voimalaitosympäristössä.

LÄHTEET

/1/ CLEAR. Viitattu 14.4.2015

http://www.new-learn.info/packages/clear/visual/people/performance/glare/glare_ugr.html

/2/ Ensto, Valaistustekniikka. Viitattu 14.4.2015

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398103877.html>

/3/ Ensto, Valaistustekniikka. Viitattu 20.4.2015

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>

/4/ GE Lighting Energiatohokas Tie- Ja Katuvalaistus Esite- Tammikuu 2009

/5/ <http://www.wartsila.fi/fi/etusivu>, Viitattu 11.4.2015

/6/ <http://www.wartsila.fi/power-plants>, Viitattu 13.4.2015

/7/ Ilmatieteen laitos, Viitattu 13.4.2015

<http://www.ava.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html>

/8/ Johannes Luoma-aho opinnäytetyö, Kappaleet 2.1-2.3. Viitattu 18.4.2015

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16761/Luoma-aho_Johannes.pdf?sequence=1

/9/ Lampputieto. Viitattu 14.4.2015

<http://www.lampputieto.fi/lamput/>

/10/ Marko Iso-Heiniemi opinnäytetyö. Viitattu 18.4.2015

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16820/Iso-Heiniemi_Marko.pdf,

/11/ Matti Jokinen opinnäytetyö. Viitattu 20.4.2015

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28175/Jokinen_Matti.pdf?sequence=2

/12/ Motiva Oy. Viitattu 18.4.2015

http://www.motiva.fi/files/9499/Elohopealamput_poistuvat_markkinoilta_2015_Mita_tilalle_katuvalaistukseen.pdf

/13/ Taloon.com, valaisininfo. Viitattu 18.4.2015

http://www.taloon.com/info/tietoa_rakentajalle/valaisininfo

/14/ Vivimedi. Viitattu 14.4.2015

<http://www.vivimedi.fi/cri.php>

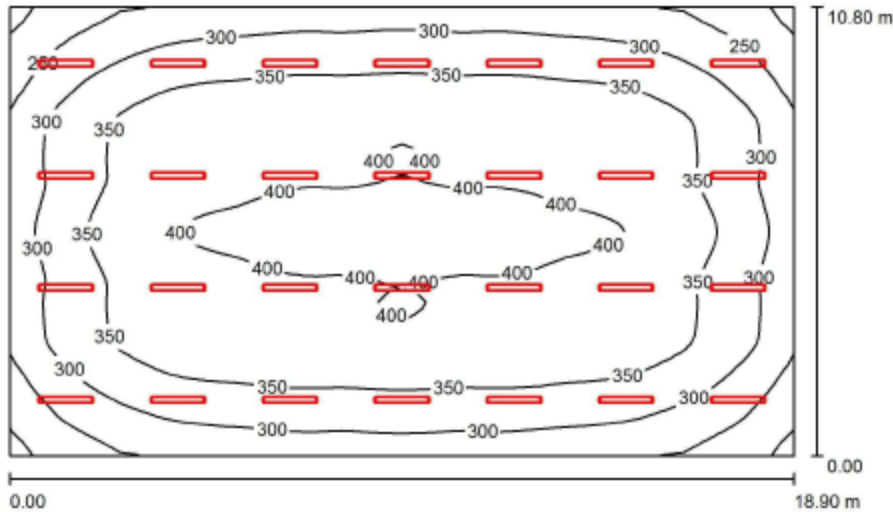
/15/ Wärtsilä intranet, Corporate Presentation 2014, Viitattu 11.4.2015

/16/ Wärtsilä intranet, Our Wärtsilä > Fast Facts, Viitattu 11.4.2015



Operator Jaakko Porre
 Telephone
 Fax
 e-Mail jaakko.porre@wartsila.com

Fuel Treatment House / Summary



Height of Room: 4.650 m, Mounting Height: 4.200 m, Maintenance factor: 0.70

Values in Lux, Scale 1:139

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u_0
Workplane	/	342	187	419	0.547
Floor	20	319	194	393	0.606
Ceiling	80	82	67	92	0.815
Walls (4)	50	184	81	276	/

Workplane:	UGR	Lengthways-	Across	to luminaire axis
Height: 0.800 m	Left Wall	21	21	
Grid: 64 x 64 Points	Lower Wall	21	21	
Boundary Zone: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.545, Ceiling / Working Plane: 0.239.

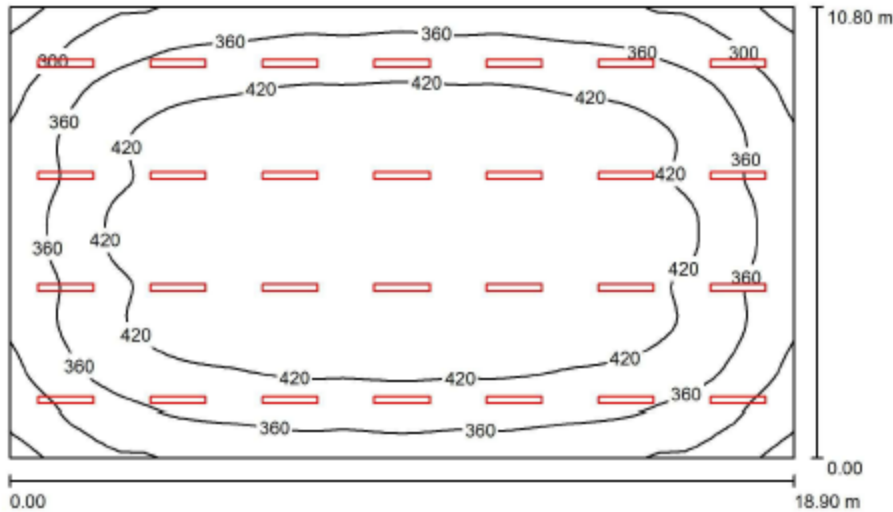
Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	28	Glamox MIRZ67 238 PC REFL. (1.000)	4154	6700	72.0
			Total: 116300	Total: 187600	2016.0

Specific connected load: $9.88 \text{ W/m}^2 = 2.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Ground area: 204.12 m^2)

Operator Jaakko Porre
Telephone
Fax
e-Mail jaakko.porre@wartsila.com

Fuel Treatment House / Summary



Height of Room: 4.650 m, Mounting Height: 4.200 m, Maintenance factor: 0.70

Values in Lux, Scale 1:139

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u_0
Workplane	/	398	223	479	0.562
Floor	20	368	219	445	0.594
Ceiling	80	112	91	132	0.818
Walls (4)	50	251	123	407	/

Workplane:
 Height: 0.800 m
 Grid: 64 x 64 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

UGR
 Left Wall: 25
 Lower Wall: 24
 (CIE, SHR = 0.25.)

Lengthways-
 Across
 to luminaire axis

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.654, Ceiling / Working Plane: 0.282.

Luminaire Parts List

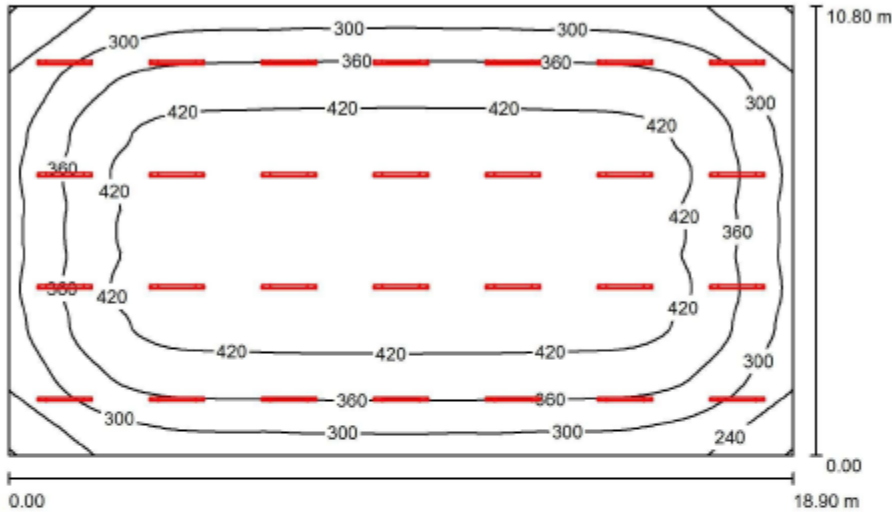
No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	28	GlamoX MIRZ67-1200 LED 5000 (1.000)	5094	5095	52.0
			Total: 142635	Total: 142660	1456.0

Specific connected load: $7.13 \text{ W/m}^2 = 1.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Ground area: 204.12 m^2)

GLAMOX

Operator Jaakko Porre
Telephone
Fax
e-Mail jaakko.porre@waristia.com

Fuel Treatment House / Summary



Height of Room: 4.650 m, Mounting Height: 4.200 m, Maintenance factor: 0.70

Values in Lux, Scale 1:139

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$u0$
Workplane	/	377	177	463	0.471
Floor	20	358	182	456	0.509
Ceiling	80	72	50	80	0.691
Walls (4)	50	149	55	252	/

Workplane:
Height: 0.800 m
Grid: 64 x 64 Points
Boundary Zone: 0.000 m

UGR
Lengthways-
Across
to luminaire axis

Left Wall 19 19
Lower Wall 19 19
(CIE, SHR = 0.25.)

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.392, Ceiling / Working Plane: 0.190.

Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	28	PHILIPS WT460C L1300 1xLED42S/840 WB (1.000)	4200	4200	35.0
Total:			117600	117600	980.0

Specific connected load: $4.80 \text{ W/m}^2 = 1.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Ground area: 204.12 m^2)



Wartsila original:

Table with columns: Part code, Part Name, Part Type, Manufacture Notes, Tech Spec. Lists various lighting fixtures like High bay, Low bay, Floodlights, Industrial Fluorescent Luminaires, Office Fluorescent luminaires for suspended ceiling, and Office luminaires, surface mounted.

SLO options:

Table with columns: PHILIPS, Lumens, Color temp., Color rendering, Ta min, Ta max, IP class, System po, Tech Spec. Lists alternative lighting options for each Wartsila part.

GLAMOX

Table with columns: Lumens, Color temp., Color rendering, Ta min, Ta max, IP class, System power, Tech Spec. Lists GLAMOX lighting options.

Onninen options:

Table with columns: PHILIPS, AURA LIGHT, Lumens, Ta min, Ta max, IP class, System power, Tech Spec. Lists Onninen lighting options.

4241588	Cover glass for D20-R210	IP 55 Opal cover glass	GLAMOX	IP55 Opal cover for D20	Link
4241526	Turbo master for D20-210	Lower	GLAMOX	Lower for D20-210	Link
4540890	Luminaire	ALFA 30-21 60W BLACK	GLAMOX		Link
Toilet, Kitchen wall/mirror luminaires					
4217204	Luminaire	AVR66.018VP	ENISO	T8, IP44, in kitchen and above mirrors and washbow. One in built socket with earth fault r	Link
Streetlights					
4552515	Street light	Inclum SGS453 SON-T150W 240V I TP FG	PHILIPS	IP66, Streetlight HS, NAV-E 150W	Link
4551456	Street light	Selenium SGP340 SON-T150W II PC SKD 48	PHILIPS	IP66	Link
514246003	Street light	OS1-330 100W HIT/85T WBA CL1	GLAMOX	150W, IP66	Link
514246003	Street light	OS1-330 250W HIT/85 WBA CL1	GLAMOX	250W, IP66	Link
Emergency exit luminaires					
4205081	Emergency exit light	M-G8Q3MA/ENDO-108	M-LITE	Single side, arrow pointing forward	Link
4205090	Emergency exit light	M-G8Q3MA/ENDO-V-108	M-LITE	Double side, arrow pointing left/right	Link
4205788	Emergency exit light	M-EG-23MA/ENDO-LED	M-LITE	Office type LED, single side, arrow pointing forward	Link
4205789	Emergency exit light	M-EG-23MA/ENDO-V-LED	M-LITE	Office type LED, double side, arrow pointing left/right	Link
4205083	Emergency exit light	M-G8Q3MA/ENDO-LED2	M-LITE	Single side, arrow pointing forward LED, IP34. To be used in non office buildings	Link
4205085	Emergency exit light	M-G8Q3MA/ENDO-V-LED4	M-LITE	Double side, arrow pointing left/right, LED, IP34. To be used in non office buildings	Link
1219103101	Emergency exit light Right	12191031001	MALUXCOOP	ATEX II, battery 3h, IP66, Ta +35/+50, 110-277VAC, 50-60Hz	Link
1219103102	Emergency exit light Left	12191031002	MALUXCOOP	ATEX II, battery 3h, IP66, Ta +35/+50, 110-277VAC, 50-60Hz	Link
1219103103	Emergency exit light Straight	12191031003	MALUXCOOP	ATEX II, battery 3h, IP66, Ta +35/+50, 110-277VAC, 50-60Hz	Link
4300273	Emergency light, clear glass	9701.000.00 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C. For emergency lighting. With clear glass, no accumulator	Link
4300360	Emergency exit light right	9701.000.01 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C, right, no accumulator	Link
4300361	Emergency exit light left	9701.000.02 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C, left, no accumulator	Link
4300362	Emergency exit light down	9701.000.03 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C, straight, no accumulator	Link
4300363	Emergency exit light right	9701.803.01 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C, right, with accumulator	Link
4300364	Emergency exit light left	9701.803.02 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C, left, with accumulator	Link
4300365	Emergency exit light down	9701.803.03 LED	-VALO	IP65, ta = 45°C, straight, with accumulator	Link
4210552	Emergency exit light	TWT625W 230 V AC LED AKKU I H	TEKNOWARE	OPAS 2, battery 3h, IP34	Link
4210741	Universal direction label	PB103	TEKNOWARE		Link
4210728	Bracket for ceiling mounting	TW41730	TEKNOWARE		Link
4420602	Self Glowing Exit Sign Right	011113/JM300X150	ERING	300mm x 150mm, Arrow pointing to right	Link
4420603	Self Glowing Exit Sign Left	011114/JM300X150	ERING	300mm x 150mm, Arrow pointing to left	Link
Obstruction luminaires					
L1-32-DCW-F	Obstruction light LED (L-810)	L1-32-DCW-F	OBELEX	10-80 VDC L-810 standard obstruction light (Low-intensity)	Link
M8-4032	Mounting set for L1-32-DCW-F	M8-4032	OBELEX	Mounting set for 30-80 mm vertical or horizontal pipe. L1-32-DCW-F.	Link
M-IF-024-H	Obstruction light LED (L-864)	M-IF-024-H	OBELEX	24 VDC L-864 standard obstruction light (Medium-intensity). Mounting set for horizontal #	Link
Light Sources					
4845440	High pressure sodium lamp	SH-P-S 400W TWINARC E40	SYLVANIA	For SPK (old SKD)	Link
4845537	High pressure sodium lamp	SH-P-S 250W TWINARC E40	SYLVANIA	For SPK (old SKD)	Link
4845536	High pressure sodium lamp	SH-P-S 250W TWINARC E40	SYLVANIA	For K2HCK (old Genesis)	Link
4834406	Metal halide ceramic lamp	HCI-T 70W/830 WDL PB G12	OSRAM	For Vivo R319	Link
4834415	Metal halide ceramic lamp	HCI-T 150W/830 WDL PB G12	OSRAM	For Vivo R339	Link
4834417	Metal halide ceramic lamp	HCI-TT 150W/830 WDL PB E40	OSRAM	For SGS453, MACH 3 and Q61-200	Link
4834707	Metal halide quartz lamp	HQ-T 250W/830 E40	OSRAM	For MACH 3, old technology	Link
4834718	Metal halide quartz lamp	HQ-T 400W/830 E40	OSRAM	For MACH 5, old technology	Link
4835582	High pressure sodium lamp	NAV-E 150W 4Y SUPER E40	OSRAM	for street lights	Link
4835584	High pressure sodium lamp	NAV-E 250W 4Y SUPER E40	OSRAM	for Cabana 2, f60 and street lights	Link
4835586	High pressure sodium lamp	NAV-E 400W 4Y SUPER E40	OSRAM	for Cabana 2, f60 and street lights	Link
4835590	High pressure sodium lamp	NAV-T 70W 4Y SUPER E27	OSRAM	for floodlight Tempo RVP251 70W	Link
4835594	High pressure sodium lamp	NAV-T 100W 4Y SUPER E40	OSRAM	for floodlights and street lights	Link
4835591	High pressure sodium lamp	NAV-T 150W 4Y SUPER E40	OSRAM	for floodlights and street lights, 6221	Link
4835594	High pressure sodium lamp	NAV-T 250W 4Y SUPER E40	OSRAM	for floodlights and 629HCK, 6242, 6231, 6237, 6231	Link
4835596	High pressure sodium lamp	NAV-T 400W 4Y SUPER E40	OSRAM	for floodlights and 629HCK, 6242, 6247, 6241	Link
4832108	Fluorescent lamp	L8W/640 EL BASIC	OSRAM	For emergency exit signs	Link
4830135	Fluorescent lamp	L18W/26-835 LUMILUX	OSRAM	For fluorescent luminaires used in Wipacis project	Link
4830135	Fluorescent lamp	L36W/26-835 LUMILUX	OSRAM	For fluorescent luminaires used in Wipacis project	Link
4830735	Fluorescent lamp	L58W/26-835 LUMILUX	OSRAM	For fluorescent luminaires used in Wipacis project	Link
4830130	Fluorescent lamp	L18W/26-830 LUMILUX	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4830430	Fluorescent lamp	L36W/26-830 LUMILUX	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4830730	Fluorescent lamp	L58W/26-830 LUMILUX	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4830206	Fluorescent lamp	FH 14W/835 16mm/TS LUMILUX HE	OSRAM	For C20-8000 3x16W TS	Link
4830230	Fluorescent lamp	FD 54W/835 16mm/TS LUMILUX HO	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4831813	Fluorescent lamp	FH 14W/830 16mm/TS LUMILUX HE	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4831723	Fluorescent lamp	FD 24W/830 16mm/TS LUMILUX HO	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4831753	Fluorescent lamp	FD 54W/830 16mm/TS LUMILUX HO	OSRAM	For fluorescent luminaires	Link
4834252	Energy saving lamp	MICRO TWIST 14 W/825 E27	OSRAM	For Alta 30-21	Link
4833953	Compact fluorescent lamp	S/E 8W/21 840 2G7	OSRAM	For Teknoware emergency exit lights	Link
4833932	Compact fluorescent lamp	01E 18W/830 G24Q-2 DULUX	OSRAM	For Glamox D20-R210 218 and D20-S210 218, 2 pcs per fixture	Link
4800200	Fluorescent lamp	SH-FL 80C 6009.008.04	-VALO	For Vairo EX9561 and EX9551	Link
Transformers					
T48024015	Lightning Transformer 15 kVA	480240120V		Lighting transformer 480V/240V/120V	
T48024025	Lightning Transformer 25 kVA	480240120V		Lighting transformer 480V/240V/120V	
T48024050	Lightning Transformer 50 kVA	480240120V		Lighting transformer 480V/240V/120V	
T48024075	Lightning Transformer 75 kVA	480240120V		Lighting transformer 480V/240V/120V	

0

30213LED-83:ALFA 30-21 LED 200 HF 832 BLACK	194	3200	>80	25	65	15 W	Link
---	-----	------	-----	----	----	------	----------------------

A40812263 A40-W600 LED 1000 HF 840	990			50	44	11 W	Link
------------------------------------	-----	--	--	----	----	------	----------------------

514037783 O50-W420 LED 11000 HF 743 WBA	11000	4300	>70	-30	40	66	121 W	Link
---	-------	------	-----	-----	----	----	-------	----------------------

E80003110 E80-R 10X26 DOWN LED E3/S				0	45	20	4 W	Link
E80103120 E80-S 10x26 L/R LED E3/S				0	45	20	4 W	Link
E80000017 E80 TAPE BLOCKOUT 10x26								Link

E20622102 E20-S LED M/NN E1/ST (includes direction labels)				-20	30	65	1 W	Link
--	--	--	--	-----	----	----	-----	----------------------

36	MIRZ67 M20 236HF T GLAMOX	66	KL		70	6700	L		36W/26-835 LUMILUX OSRAM	MIR reflector 36W GLAMOX	Own built-in	4		-	4	4	280
37	LI-32-DCW-F OBELUX	65	KL		3		LED		LED		Own built-in	4		-	4	4	12
38	MI-IF-024-H OBELUX	67	KL		58		LED		LED		Own built-in	2		-	2	2	116
39	ALFA 30-21 60W BLA GLAMOX	55	K		14	900	TC		DSST 14W/825 E27 OSRAM			6		a	6	6	84
40	9319.000.R5-MT12 VN i-VALO	66	S		70	7300	HIT		V-T 70W/830 WDL PB OSRAM			17		a	15	2	1190
41	Iridium SGS453 SON- PHILIPS	55	P		150	17700	HS		Philips			33	ple P110B1 TEHOMET	b	33	33	4950
42	Tempo RVP351 SON- PHILIPS	66	P		250	33200	HS		V-T 250W 4Y SUPER OSRAM			6	Pole B108S TEHOMET	-	6	6	1500
43	Tempo RVP351 SON- PHILIPS	66	P		250	33200	HS		V-T 250W 4Y SUPER OSRAM			8	le H4/60/10 TEHOMET	-	8	8	2000
44	Tempo RVP351 SON- PHILIPS	66	P		400	56500	HS		V-T 400W 4Y SUPER OSRAM			9	ble S200B1 TEHOMET	-	9	9	3600
45	Tempo RVP251 SON- Philips	66	S		150	17500	HS		V-T 150W 4Y SUPER OSRAM			17		b	17	17	2550 0
46	Tempo RVP351 SON- PHILIPS	66	KL		400	56500	HS		V-T 400W 4Y SUPER OSRAM			2		-	2	2	800
47	Tempo RVP351 SON- PHILIPS	66	P		250	33200	HS		V-T 250W 4Y SUPER OSRAM			1	le H4/60/10 TEHOMET	-	1	1	250
																0	
																0	
TOTAL:																	55702

36	MIRZ67-1200 LED 500 GLAMOX	67	KL		52	5095	LED			Own built-in	4		-	4	4	208
37	LI-32-DCW-F OBELUX	65	KL		3		LED		LED	Own built-in	4		-	4	4	12
38	MI-IF-024-H OBELUX	67	KL		58		LED		LED	Own built-in	2		-	2	2	116
39	ALFA 30-21 LED 200 H GLAMOX	65	K		15	194	LED				6		a	6	6	90
40	9319.000.R5-MT12 VN i-VALO	66	S		70	7300	HIT		I-T 70W/830 WDL PB OSRAM		17		a	15	2	1190
41	O50-W420 LED 11000 GLAMOX	66	P		121	11000	LED				33	ple P110B1 TEHOMET	b	33	33	3993
42	BVP120 LED120/NW A PHILIPS	65	P		120	12000	LED				6	Pole B108S TEHOMET	-	6	6	720
43	BVP120 LED120/NW A PHILIPS	65	P		120	12000	LED				8	le H4/60/10 TEHOMET	-	8	8	960
44	BVP650 LXTECO 2900 PHILIPS	65	P		217	29000	LED				9	ble S200B1 TEHOMET	-	9	9	1952,1
45	BVP120 LED80/NW A Philips	65	S		80	8000	LED				17		b	17	17	1360
46	BVP650 LXTECO 2900 PHILIPS	65	KL		217	29000	LED				2		-	2	2	433,8
47	BVP120 LED120/NW A PHILIPS	65	P		120	12000	LED				1	le H4/60/10 TEHOMET	-	1	1	120
															0	
															0	
															TOTAL:	37257,4