

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2021

Jalmari Kiveinen

LED-VALAISIMEN  
SUUNNITTELU JA  
TUOTTEISTAMINEN  
MYYMÄLÖIDEN  
VALAISTUKSEEN

Jalmari Kiveinen

# LED-VALAISIMEN SUUNNITTELU JA TUOTTEISTAMINEN MYYMÄLÖIDEN VALAISTUKSEEN

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella led-valaisin, joka on kohdennettu erityisesti myymälätilojen valaistukseen. Opinnäytetyö suoritetaan AD-Lux Oy:lle.

Työn keskeisenä tavoitteena on selvittää ja suunnitella valaisin, joka ominaisuuksiltaan sopii erityisesti myymälätiloihin. Työssä määritellään valaistukseen liittyviä käsitteitä ja esitellään erityisesti myymälävalaistukseen liittyviä suosituksia ja vaatimuksia. Myymälävalaistuksen tärkeimpiä tehtäviä on esimerkiksi tehdä myymälän tuotteista mahdollisimman houkuttelevia.

Työ aloitetaan valitsemalla valaisimelle käytettävät komponentit, joiden ympärille suunnitellaan runko. Komponentit, kuten ledikortti ja linssi, valitaan sopimaan erityisesti myymälä tiloihin. Tämän jälkeen suunnitellaan valaisimelle runko SolidWorks-ohjelman avulla. Runko on mahdollista valmistaa monella eri tavalla, mutta tässä työssä tehdään suunnitelma kahdelle eri versiolle käyttäen kahta yleisintä valmistusmenetelmää. Ensin suunniteltiin suulakepuristettu alumiinirunko ja tämän jälkeen ohutlevystä särmätty runko. Lopuksi molemmille tehtiin kustannusarvio, jotta toimeksiantaja pystyy päättämään kumpi versio viedään tuotantoon asti.

Työ oli kokonaisuudessaan onnistunut ja opettava. SolidWorksillä piirretyt mallit antavat toimeksiantajalle hyvät valmiudet aloittaa tulevaisuudessa valaisimen valmistus. Ennen sitä on kuitenkin hyvä tehdä prototyypit molemmista versioista ja suorittaa niille erilaisia testejä. Tämän jälkeen tehdään mahdolliset tarvittavat muokkaukset, jonka jälkeen päätetään kumpi versio tullaan viemään tuotantoon asti.

## ASIASANAT:

valaisin, valo, led, myymälä, alumiinirunko, ohutlevy, suulakepuristus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Mechanical Engineering

2021 | 29 pages

Jalmari Kiveinen

## DESIGN AND COMMERCIALIZATION OF LED LUMINAIRE FOR STORE LIGHTING

The objective of the thesis was to design a LED luminaire, which is especially aimed at lighting store premises. The thesis was commissioned by AD-Lux Oy.

The main goal of the thesis was to find out and design a luminaire that has properties that are especially suitable for store premises. The thesis discussed the concepts related to lighting and especially the recommendations and requirements related to store lighting. One of the most important tasks of store lighting is, for example, to make the store's products as attractive as possible.

The thesis was started by selecting the components to be used for the luminaire, around which the frame was designed. Components such as an LED card and lens were selected to fit specifically in the store premises. The frame was then designed for the luminaire using SolidWorks. The frame can be manufactured in many different ways, but in this thesis a plan was made for two different versions using the two most common manufacturing methods. An extruded aluminum frame was first designed, followed by a sheet metal edged frame. Finally, a cost estimate was made for both so that the client could decide which version would be taken to production.

The thesis as a whole was successful and instructive. The models drawn with SolidWorks give the client a good opportunity to start manufacturing the luminaire in the future. Before that, however, it is a good idea to make prototypes of both versions and run various tests on them. After this, any necessary modifications will be made and after that the client will decide which version will be taken to production.

### KEYWORDS:

luminaire, light, led, store, aluminum frame, sheet metal, extrusion

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2 HYVÄN VALAISTUKSEN PERIAATTEET JA VAATIMUKSET</b>	<b>6</b>
2.1 Käsitteet	6
2.2 Valo	9
2.3 Valon laatu	10
2.4 Valaisimen tehtävä	10
2.5 Valaisimen valinta	10
2.6 Myymälävalaisimen valinta	11
2.7 Valaisimien EU-direktiivit, standardit yms.	13
2.8 LED	13
2.9 Valaisimen rungon valmistusmenetelmät	14
<b>3 SUUNNITTELUPROSESSI</b>	<b>16</b>
3.1 Käytettävät komponentit	16
3.2 Alustavat ideat	17
3.2.1 Suulakepuristettu runko	17
3.2.2 Ohutlevy runko	21
3.3 Kustannusarviot	25
<b>4 LOPPUTULOS</b>	<b>26</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>27</b>

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on AD-Lux Oy, joka sijaitsee Kaarinassa. Yritys on toiminut vuodesta 1994 lähtien, ja ensimmäiset 20 vuotta vierähti pääasiassa kotitalouksien valaistuksessa. 2015 päätettiin keskittyä voimakkaammin yritysten toimitilojen valaistukseen yhdessä yhteistyökumppanin kanssa, jonka myyntiyhtiönä AD-Lux toimii. 2019 käynnistettiin oma valaisintuotanto ja samalla yhteistyö yhteistyökumppanin kanssa päättyi. Nykyään yritys tarjoaa valaisin ratkaisuja yritysten sisätiloihin sekä myös järeitä ulkotila valaisimia. Palveluihin kuuluu myös Dialux-valaistussuunnitelmat, energiakustannuslaskelmat sekä yhteistyössä asiantuntevien urakoitsijoiden kanssa vanhojen valaisimien purku ja uusien paikalleen asennus.

Tämän opinnäytetyön tehtävänä on suunnitella ja tuotteistaa led-valaisin myymälätilojen valaistukseen.

AD-Luxilta on puuttunut valikoimasta myymälätiloihin suunniteltu valaisin ja tästä syystä he eivät aina ole voineet vastata tuotetta koskeviin tarjouspyyntöihin. Valaistussuunnittelijat suunnittelevat myymälät yleensä erillisten myymälävalaisimien kanssa, minkä takia AD-Luxin nykyinen lineaari valaisin ei ole tähän aina sopinut. Tästä syystä tavoitteena on suunnitella valaisin, joka on kohdennettu nimenomaan myymälätiloihin. Tällöin suunnittelijat voisivat suoraan laatia suunnitelmat laadukkaalla kotimaisella myymälävalaisimella. Määräviä ominaisuuksia ovat ennen kaikkea: valokuviot, teho, valon laatu ja määrä, pituus, asennettavuus, laatu, ekologisuus ja tietysti hinta.

Opinnäytetyössä esitellään valaisimiin ja valaistukseen liittyvää teoriaa sekä tärkeitä käsitteitä, kuten valovirta, väriämpötila ja UGR. Työssä esitellään myös suunnittelun eri vaiheet ja suoritetaan kustannusarvio. Itse suunnittelu toteutetaan SolidWorks-ohjelman avulla. Valmis työ antaa yritykselle valmiuden aloittaa myymälävalaisimen valmistuksen päättämällä tavalla.

## 2 HYVÄN VALAISTUKSEN PERIAATTEET JA VAATIMUKSET

Hyvän valaistuksen lähtökohtaisena tavoitteena on antaa tarvittava määrä valoa, jotta ihminen kykenee toimimaan. Valaistusta suunniteltaessa on hyvä arvioida, millaisia vaatimuksia eri alueet ja tehtävät vaativat. Työympäristöjen yksinkertaiset tehtävät voi suorittaa pienessäkin valossa, mutta tarkemmat työt vaativat enemmän valoa. Suunnittelussa ei kuitenkaan kannata luottaa pelkästään standardeihin, sillä tämä saattaa luoda tiloista monotonisia ja tylsiä. (Laine 2018.)

### 2.1 Käsitteet

Valaistusta ja valaisimia suunniteltaessa on hyvä tietää muutama näihin liittyvä peruskäsite. Hehkulampuista puhuttaessa ratkaisevimpana tekijänä on ollut niiden watti määrä. Nykyään kuitenkin ollaan siirtymässä pääasiassa led-lamppuihin, joita valitessa kannattaa kiinnittää enemmän huomiota esimerkiksi lumen-, kelvin- ja kandela-arvoihin.

**Valovirta** kertoo valon määrän. Energiansäästölamppujen ja ledien tuottamaa valon määrää ei voida vertailla enää wattien perusteella vaan on käytettävä lumenia(lm). Jotta esimerkiksi saadaan 60 watin hehkulampun tuottama valon määrä, on käytettävä valovirraltaan 800 lumenia olevaa ledilamppua tai energiansäästölamppua. (Motiva Oy N.d.)

**Teho** eli watti kertoo nykyään ainoastaan lampun kuluttamasta sähkötehosta. Hehkulampuissa wattimäärästä näki myös lampun tuottaman valon määrän. (Saarelainen 2019.)

**Valaisukulma** kertoo valaisimesta lähtevän valon avautumiskulman, mitä suurempi kulma on, sitä laajemmalle valo leviää. Kohdevalaistukseen tarkoitettussa valaisimissa on pieni kulma ja yleiseen valaistukseen sopii paremmin isompi kulma. (Saarelainen 2019.)

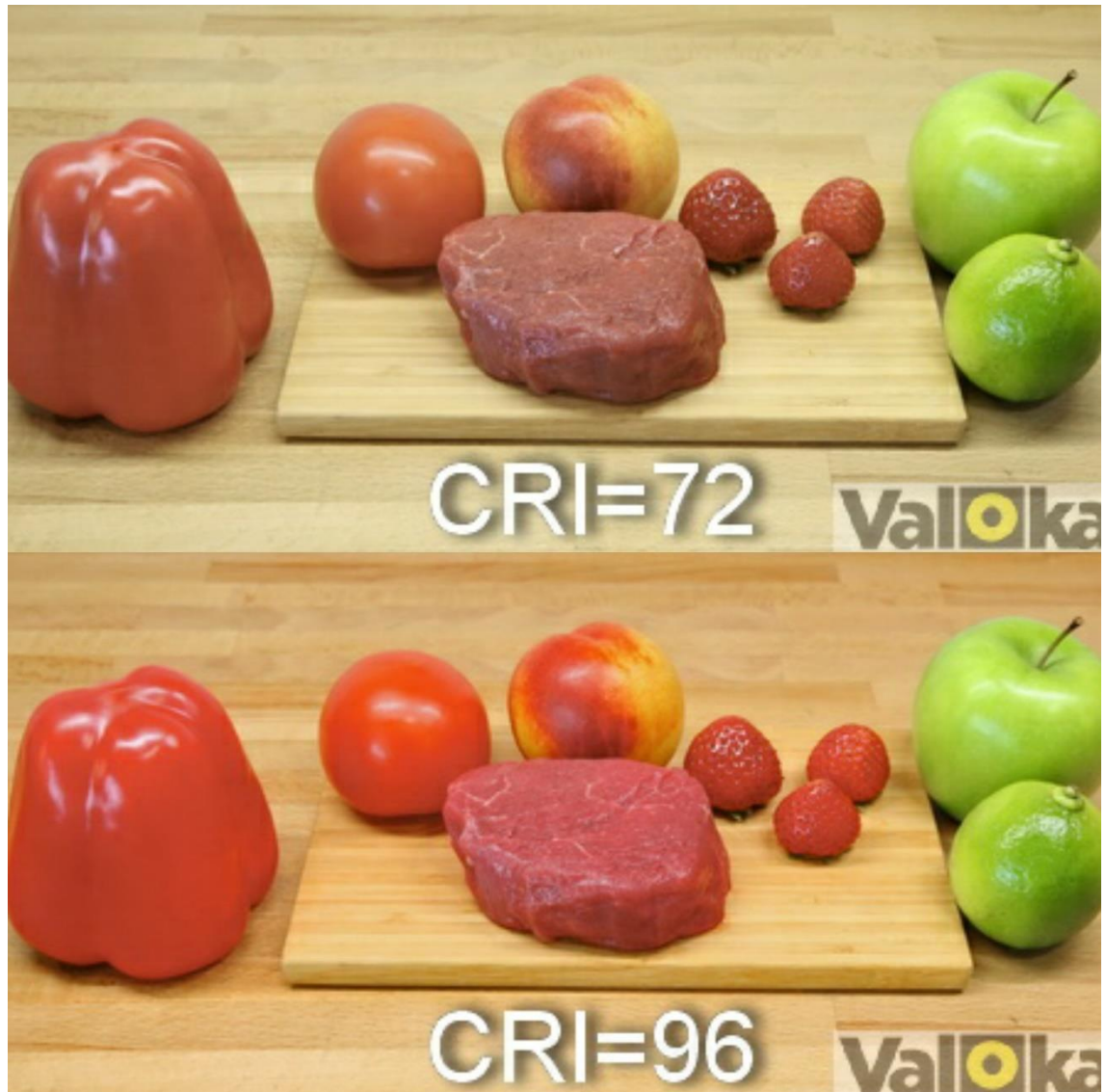
**Väriämpötila** kuvaa lampun värisävyä. Väriämpötila vaikuttaa suuresti valaistavan tilan tunnelmaan, ja sen mittayksikkönä käytetään kelviniä (K). Iso kelvin-arvo kertoo valon olevan kylmää ja sinertävää, kun taas pieni arvo tarkoittaa lämmintä ja kellertävää valoa.

Led-lamppujen värisävyjä on olemassa lähes kaikkea tavallisesta lämpimän valkoisesta kylmään sinisen valkoiseen. Kelvineinä tämä tarkoittaa noin 2700K-6500K. Tavallinen vanha hehkulamppu on sävyltään noin 2700K. (Motiva Oy N.d.)

Hehkulamppu	2 700 K
Halogeenilamppu	3 000 K
Pienloistelamppu	2 700 – 4 000 K
Loistelamppu	2 700 – 6 500 K
LED-lamppu	2 700 – 6 500 K
Päivänvalo	5 500 K

Kuva 1. Esimerkkejä värilämpötiloista. (Motiva Oy N.d.)

**Värintoistokyky** kertoo, miltä eri esineet, kuten huonekalut, näyttävät kyseisessä valossa. Värintoistokykyä kuvaa värintoistoindeksi (CRI-indeksi). Tämän mukaan mitä suurempi arvo on, sitä luonnollisemmin värit toistuvat. CRI 85-90 kertoo jo hyvästä värintoistokyvystä, ja yli CRI 90 voidaan pitää jo erinomaisena värintoistokykynä. Valaisimen käyttötarkoituksesta riippuen voi olla hyvinkin tärkeää, että CRI-indeksin arvo on mahdollisimman korkea. Esimerkiksi valokuvaukseen käytettävä valaistus sekä kauppojen näyteikkunat vaativa korkea CRI-arvoa. Valaistuksen suunnittelussa on siis otettava huomioon, käytetäänkö esimerkiksi yli CRI 80 vai yli CRI 90 ledejä. (Laine 2019.)



Kuva 2. Käytännön esimerkki siitä, miten käytettävän valaistuksen CRI arvo vaikuttaa. (Valokas Limic Oy N.d.)

**Valaistusvoimakkuus** kuvaa tietylle pinta-alalle lankeavaa valovirran määrää. Valaistusvoimakkuus riippuu muun muassa lampun valovirrasta, valaisimen optiikasta sekä valaisimen etäisyydestä valaistavaan pintaan. Tämän yksikkönä käytetään luksia(lx). Yksi luxi kertoo valaistusvoimakkuuden yhden luuminen valovirran jakautuessa tasaisesti yhden neliömetrin pinta-alalle. Valaistusvoimakkuus kertoo esimerkiksi sen, kuinka helppo on lukea tai työskennellä eri pinnoilla. Tämän takia eri tiloihin on olemassa erilaisia suosituksia valaistusvoimakkuuden määrästä. Esimerkiksi tarkat työtehtävät vaativat noin 1000lx. (Motiva Oy N.d.)



**Valovoima** eli valon intensiteetti kuvaa, kuinka paljon valoa lamppu säteilee johonkin tiettyyn kulmaan. Valovoiman yksikkönä käytetään kandela(cd). Mitä enemmän lamppu tuottaa valoa luumeneina, sitä suurempi on myös valovoima, jos säteilykulma pysyy samana. Mikäli lamppu kohdistaa saman verran valoa luumeneina pienemmälle alueille, valovoima on kandeloina suurempi. (Motiva Oy N.d.)

**UGR** eli Unified Glare Rating määrittää valaisimen kiusahäikäisyn määrän eri kulmista katsottuna. UGR-arvoon vaikuttaa esimerkiksi tilan koko, tilan pintojen kirkkaus, valaisimen ominaisuudet, valon jakautuminen tilassa sekä mistä kulmasta valoa katsotaan. Valaisinsuunnittelua tehdessä UGR-arvoon pitäisi kiinnittää enemmän huomiota varsinkin jos kyseessä on tila, jossa vietetään paljon aikaa. Esimerkiksi työpaikalla on tärkeää, että valo mahdollistaa selkeän työskentelyn ilman, että se sokaisee työntekijää. Tällä on huomattava merkitys työntekijöiden hyvinvointiin ja tuottavuuteen. (Any Lamp BV N.d.)

Viitenro	UGR <sub>L</sub>	Esimerkki alueesta, työtehtävästä tai toiminnasta
5.26.3	UGR <sub>16</sub>	Toimisto, tekninen piirustus
5.26.2 5.26.5	UGR <sub>19</sub>	Toimisto, kirjoitus, konekirjoitus, lukeminen, työskentely tietokoneella Toimisto, kokous- ja neuvotteluhuoneet
5.2.1 5.27.1	UGR <sub>22</sub>	Rakennusten yleiset tilat, ruokailutilat, tarjoiluhuoneet Vähittäiskauppa, myymäläalueet
5.2.4	UGR <sub>25</sub>	Rakennusten yleiset tilat, vaatesäilöt, peseytymistilat, kylpyhuoneet, WC-tilat
5.1.1	UGR <sub>28</sub>	Kohtaamistilat, Kohtaamistilat ja käytävät

Kuva 3. Eurooppalaisen SFS-EN 12464-1-2011 standardin mukaiset vaatimukset UGR-arvolle eri käyttökohteissa. (OEM Finland Oy N.d.)

## 2.2 Valo

Mitä valo on? Yleensä kun puhutaan valosta, tarkoitetaan näkyvää valoa. Näkyvä valo taas on sähkömagneettista säteilyä, mutta se on vain erittäin pieni osa sitä. Muita sähkömagneettisen säteilyn spektrin osia ihmissilmä ei pysty havaitsemaan. Tällaisia ovat esimerkiksi ultraviolettivalo, mikroaallot ja radioaallot. Mistä valo sitten tulee? Anu Tuomela kertoo kuinka auringon lähettämä sähkömagneettinen säteily, mukaan lukien näkyvä valo, on planeettamme elinehto. Aurinko ei kuitenkaan ole ainoa valon lähde. Myös

monet muut kappaleet voivat lähettää valoa, jos ne saavat tarpeeksi energiaa ja niillä on tietyt kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. (Tuomela 2015.)

### 2.3 Valon laatu

Valon laatu ja ominaisuudet vaikuttavat meihin ihmisiin monin tavoin. Yksinkertaisimmillaan pelkkä valon puute tai olemassaolo saa päivittäiset tilanteet tuntumaan eriltä kuin ennen. Syksyn pitkät pimeät ajanjaksot saattavat aiheuttaa monissa ihmisissä masennusta ja väsymystä, kun taas kirkkaan kevät auringon tuottama valo saa aikaan positiivisempia mielialoja. Pimeällä avautuu kuitenkin keino käyttää valoa myös rentoutumiseen. Kynttilät, takkatuli sekä lempeät tunnelmat valot auttavat monia rentoutumaan. Tunnelma valaistuksessa käytetään yleensä lämpimiä sävyjä ja pientä kirkkautta, sillä tarkoitus ei ole valaista koko tilaa tehokkaasti. Valon värilämpötilalla voi olla suurikin merkitys millainen olo ihmiselle tulee kyseisessä tilassa. Valkoinen valo saattaa joillekin antaa puhtauden tunteen, mikä on suotavaa esimerkiksi kaupoissa ja sairaaloissa. Kellertävä valo taas voi tuoda ihmiselle lämpimän ja kotoisan olon. (Tuomela 2015.)

### 2.4 Valaisimen tehtävä

Valaisimen tehtäviin kuuluu paljon muutakin, kun vain tuottaa tilaan valoa. Valaisimen tulee esimerkiksi suojata valonlähde vaurioilta eri käyttötilanteissa sekä suojata käyttäjä mahdollisilta vaaroilta ja tapaturmilta. Sen tulee myös olla helposti asennettavissa, huollettavissa ja vaihdettavissa sekä täyttää kaikki sähkötekniset turvallisuusmääräykset. Käyttökohteesta riippuen valaisimen on hyvä sopia myös ulkoasultaan tilan kokonaisuuteen. Valaisin voi siis olla myös koriste-esine. Sen myös pitää suunnata valo haluttuun kohteeseen ilman että se aiheuttaa liikaa häikäisyä väriin suuntiin. (Rihloma 1999, 25.)

### 2.5 Valaisimen valinta

Valaisimille on olemassa lukematon määrä eri käyttötarkoituksia, joten jo pelkästään taloudellisista syistä ei ole mahdollista valmistaa jokaiseen käyttötarkoitukseen vain siihen

sopivaa valaisinta. Tämän takia valaisinvalmistajat pyrkivät luomaan mahdollisimman laajan kokoelman valaisimia, jotka sopivat mahdollisimman moneen käyttökohteeseen. Erikoistilanteissa on toki mahdollista tehdä myös yksittäiseen tilaan erikseen suunniteltu valaisin, jos kyseessä on esimerkiksi valaisin, joka on iso osa tilan ulkoasua. Valaisinta suunniteltaessa tai valitessa on ensisijaisesti kuitenkin ajateltava sen käyttötarkoitusta eikä sen ulkoasua. (Rihlama 1999, 25.)

Kirjassaan ”Valaistus ja värit sisustussuunnittelussa” Seppo Rihlama (1999, 25) kertoo, kuinka on mahdotonta luetella kaikkia seikkoja, jotka on suunnittelussa otettava huomioon, mutta mainitsee esimerkkeinä seuraavat:

- Onko kyseessä yleisvalaistus, paikallisvalaistus vai molemmat
- Pystytäänkö valaisimeen sijoittamaan tarpeeksi tehokas valonlähde
- Pitääkö valon määrän olla säädettävissä
- Mikä on valaisimen asennuskorkeus
- Mikä on valon suuntaus ja pitääkö suuntaus olla säädeltävissä
- Mihin tilaan valaisin tulee ja mitä toimintaa tilassa on
- Ketkä ovat tilan pääasialliset käyttäjät
- Pitääkö valaisimen olla suojattu kosteudelta, pölyltä tai iskuilta
- Mikä on valaistuksen haluttu taloudellisuus ja energiatehokkuus
- Millainen on käyttökohteeseen sopiva ulkonäkö

## 2.6 Myymälävalaisimen valinta

Liikkeissä ja myymälöissä tehdään aina jonkinlaisia ostopäätöksiä, oli sitten kyse muutamista euroista tai jopa kymmenistä tuhansista euroista. Tämän takia on kaupankäynnin kannalta tärkeää, että asiakas tuntee olonsa miellyttäväksi ja luottavaiseksi. Myymälävalaistuksella on tässä oma roolinsa. Valon avulla pyritään korostamaan hyllyillä olevat tuotteet mahdollisimman houkutteleviksi. Oikeanlainen valaistus saa asiakkaat ostamaan helpommin, mutta on tärkeää ottaa huomioon myös myymälän työntekijät. Heille on oltava riittävä määrä valoa työtehtävien suorittamiseen eikä se saa aiheuttaa liikaa häikäisyä. Haluttu valon määrä vaihtelee liiketilan eri kohdissa. Standardin mukaan myyntitilassa tulisi olla vähintään 300lx, kassojen alueella vähintään 500lx ja varastoissa vähintään 200lx. Valaisimien värintoistoindeksi tulisi olla standardin mukaan vähintään 80. Värintoistoindeksi halutaan mahdollisimman korkeaksi, että esimerkiksi vaatteet näyttäisivät saman värisiltä myös myymälän ulkopuolella. Myymälätilojen valaistuksessa

käytettävät valaisimet ovat myös useimmiten matala häikäisyarvon omaavia, jotta valaistus saadaan tasaiseksi ja miellyttäväksi. (Saarelainen 2019.)

Myymälävalaistuksen optiikka pitäisi valita siten että tilan pystypinnat valaistuvat mahdollisimman hyvin. Valaistusratkaisussa on kuitenkin hyvä huomioida, että myös käytävät ja lattiat saavat tarpeeksi valoa. Batwing (hyllyväli) -optiikka jakaa valon suhteellisen tasaisesti lattian ja pystypintojen välille. Optiikan leveyden ansiosta pystypinnat korostuvat, mutta se on kuitenkin tarpeeksi kapea estääkseen sivuttaishäikäisyn. Tämän optiikan ansiosta hyllyjen pystypintojen valaistus paranee noin 100–200lx. Batwing-optiikan käytöllä on kuitenkin omat rajansa. Myymälävalaisimien asennuskorkeuden tulisi olla 3,2–3,7 m, jotta voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos. Korkeammalle asennettavien valaisimien on parempi käyttää leveitä optiikoita sekä seinäalueilla tarvittaessa asymmetrisiä optiikoita. Leveän optiikan avulla pystypinnat saadaan valaistua kohtalaisen hyvin myös korkealta, mutta myös tässä tulee raja vastaan. Liian leveä optiikka aiheuttaa sivuttaishäikäisyä, joka ei ole haluttua. Täten olisi hyvä aina harkita valaisimien asentamista alemmas. Alemmas asennetut valaisimet myös korostavat yleisesti tuotteita ja kalusteita paremmin sekä vähentävät myymälän mahdollista hallimaista vaikutelmaa. (Greenled Oy 2019.)



Kuva 4. Batwing-optiikka (Greenled Oy 2019.)

Jotta myymälään saadaan niin sanottu älykäs valaistus, on käytettävä ohjattavissa olevaa valaistusta. Ohjauksen avulla myymälän valaistus voidaan optimoida moneen eri

tarpeeseen. Valaistus voidaan optimoida tiloittain tai hyllyväleittäin, riippuen esimerkiksi hyllyillä olevista tuotteista tai tilan käytöstä. Ohjauksen avulla myös asiakkaan ostokokemusta saadaan parannettua. Tunnistimilla saadaan esimerkiksi säädeltyä valon määrää, riippuen siitä onko alueella liikettä vai ei. Tämän avulla voidaan myös ohjailla asiakkaan liikkumista myymälässä. Liiketunnistimet ja muut älykkään valaistuksen optimoinnit antavat myös parhaan mahdollisen energiansäästön. Valaistusta voidaan myös ohjata seuraamaan vuorokauden tai vuoden eri aikoja. Täten esimerkiksi valon määrää voidaan säädellä vuorokauden ajasta ja päivänvalosta riippuen, joten asiakas ei häikäisty tullessaan pimeästä ulkoilmasta liian kirkkaaseen myymälään. (Greenled Oy 2019.)

## 2.7 Valaisimien EU-direktiivit, standardit yms.

**Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011** on eurooppalainen standardi, joka määrittelee sisätilojen valaistusvaatimukset. Se sisältää suositukset vaatimukset esimerkiksi valaistusvoimakkuudelle, muodonannolle, häikäisylle ja väriominaisuuksille.

**Eurooppalainen valaisinstandardisarja EN 60598** sisältää pääosan EN 60598-1 sekä valaisintyyppistä riippuvia kakkososia esimerkiksi 60598-2-1 (Kiinteät yleisvalaisimet), 60598-2-2 (Uppoasenteiset valaisimet) sekä 60598-2-20 (Lamppusarjat). Kakkososia on yli 20 erilaista. Standardi sisältää minimivaatimukset esimerkiksi seuraaviin asioihin: valaisimen luokitus, merkinnät ja ohjeet, valaisimen rakenne eli esimerkiksi mekaaninen lujuus, sisäinen ja ulkoinen johdotus, maadoitus, IP-luokka sekä lämpeneminen.

## 2.8 LED

Arkikielessä käytetään useimmiten sanaa ”ledi”, mutta alun perin LED on lyhenne englanninkielien sanoista ”light emitting diode”, joka voidaan suomentaa ”hohtodiodi”. LED-valo on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Ledin värin määrittää yleensä sen valmistusmateriaali, mutta sitä voi säädellä myös erilaisilla pinnoitteilla, kalvoilla, kuvuilla ja yhdistelemällä eri sävyisiä LED-valoja.

Ledien valovoima kehittyi riittävän kirkkaaksi valaistustarkoitukseen 1990-luvulla ja sen jälkeen ledejä alettiin käyttää laajemmin koti- ja yritysympäristöissä. Suurin innovaatio ledien saralla tuli kuitenkin vasta 2006 kun keksittiin valkoista valoa tuottava ledi. Valkoinen ledi saatiin pinnoittamalla sininen ledi fluorisoivalla pinnoitteella, joka taittoi valoa

keltaisemmaksi. Vaihtoehtoisesti valkoisen valon voi saada myös yhdistelemällä eri sävyisiä ledejä. Led valojen kehitys on ollut huimaa ja viimeisen n. 36kk aikana valoteho on kaksinkertaistunut. Kehitys johtuu ensisijaisesti puolijohteiden ja mineraalien tietotaidon kasvamisesta sekä käytettävien optiikkojen kehityksestä.

Kun verrataan LED-lamppua hehkulamppuun, voidaan huomata LED-lampun monia etuja. LED-lamput ovat erittäin energiatehokkaita ja pitkäikäisiä sekä niiden väriskaala on liki rajoittamaton. LED-valo menettää n. 30% valotehostaan 50000 tunnin jälkeen eikä juuri koskaan sammuu kokonaan. Tämän takia ledit ovat oiva ratkaisu esimerkiksi julkisiin tiloihin. Ledien eduksi voidaan katsoa myös erittäin nopea syttyvyys mikä helpottaa niiden käyttöä liiketunnistimien kanssa. LED-valon huonoksi puoleksi voisi sanoa sen heikkouden kuumalle ja kosteudelle. Tämä ongelma on kuitenkin vältettävissä kuhunkin tilanteeseen sopivalla koteloinnilla. Esimerkiksi kosteihin tiloihin kuten saunoihin on hyvä valita vähintään IP54/55 luokituksen omaava valaisin. (Kiiskinen 2017.)

## 2.9 Valaisimen rungon valmistusmenetelmät

Valaisimen suunnittelun yksi oleellisimmista vaiheista on päättää miten ja mistä materiaalista runko tullaan valmistamaan. Tämän takia on oleellista tietää mitä eri vaihtoehtoja on saatavilla. Yleisimpinä ovat suulakepuristuksella valmistettu alumiiniprofiili sekä ohutlevystä valmistetut kotelot.

**Suulakepuristus** tarkoittaa kuumennetun alumiiniharkon viemistä astiaan ja sen pakottamista korkeassa paineessa suulakepuristettavan kappaleen poikkileikkausta vastaavan aukon läpi. Suulakepuristusprosessi alkaa ihan ensin suunnittelusta. Suulakepuristuksessa on rajattomasti mahdollisuuksia sovittaa tuotteen muoto halutunlaiseksi ja tämä antaa suulakepuristuksella lisäarvoa valmistusmenetelmänä. Suunnittelu vaiheessa tehdään halutusta muodosta mahdollisimman kustannustehokas rakenne, joka vähentää valmistustehtäviä, mahdollistaa nopeimman ja halvimman kokoonpanon sekä täyttää muut tarvittavat vaatimukset. Alumiinin suulakepuristus on huomattavan paljon edullisempi kuin monet muut valmistusmenetelmät, kuten esimerkiksi muottiin valaminen. Kustannuksiin vaikuttaa halutun poikkileikkauksen koko, muoto ja monimutkaisuus. Alumiinin alhainen tiheys tekee profiileista myös kevyitä muihin materiaaleihin verrattuna. (BAL Group Ltd N.d.)

**Ohutlevy** on yksi tärkeimmistä teollisuuden materiaaleista. Monet eri teollisuuden alat luottavat ohutlevyn monipuolisuuteen ja kestävyYTEEN. Esimerkiksi kodinkoneiden valmistus, kuljetus ja liikenne, elektroniikka, erilaiset koneet sekä lukuisat muut kohteet käyttävät ohutlevyjä. Ohutlevy tarjoaa monia etuja muihin valmistusmenetelmiin verrattuna. Koneistukseen verrattuna levyt ovat paljon halvempia johtuen pienemmistä materiaali- ja käsittelykustannuksista. Koneistuksen jauhamisprosessissa menee paljon tarpeetonta materiaalia hukkaan, kun taas haluttu ohutlevy saadaan paljon pienemmällä materiaalityhällä. Ohutlevy ei myöskään vaadi isoja työkalukustannuksia, joten se on huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuin esimerkiksi ruiskuvalu.

Ohutlevystä saadaan haluttu muoto käyttäen erilaisia muovausmenetelmiä. Leikkaus, taivutus, hitsaus ja niittaus ovat hyviä esimerkkejä yleisistä muovausmenetelmistä. Jos halutaan erikoisempia muotoja, voidaan käyttää esimerkiksi syvävetoa ja leimaamista. Haluttu muoto täytyy kuitenkin ensin suunnitella ja tähän on nykyään suureksi avuksi CAD-ohjelmien sheet metal osiot. Näiden avulla pystytään löytämään mahdollisimman hyvät ratkaisut kuhunkin tilanteeseen. Suunniteltaessa täytyy myös päättää mitä materiaalia halutaan käyttää. Ohutlevyä on mahdollista valmistaa monesta eri metallista, mutta yleisimpiä ovat erilaiset teräkset, alumiinit sekä kupari ja messinki. Valmiin tuotteen viimeistelyä on myös hyvä pohtia. Viimeistely riippuu tuotteen käyttökohteesta ja ulkonäöllisistä vaatimuksista. Erilaiset pinnoitteet, jauhemaalaukset ja hiekkapuhallus ovat hyviä vaihtoehtoja viimeistelylle. (Varela 2020.)

**Ruiskupuristus** tai ruiskuvalu on prosessi, jossa muovi tai nestemäinen metalli puristetaan muotteihin painamalla niitä erikoiskoneilla. Metallin ruiskuvalu mahdollistaa monimutkaisten metallimuotojen suurten määrien tuottamisen. Käytettävät materiaalit ovat esimerkiksi alumiinia, samakia (sinkin ja alumiinin seos) tai messinkiä. Metallin ruiskuvaluun käytettäviä koneita kutsutaan ruiskuvalukoneiksi ja niitä on olemassa kahden tyyppisiä; kylmä- ja kuumakammioiset metallin ruiskuvalukoneet. Kylmäkammioisilla puristetaan yleensä alumiinia ja messinkiä, kuumakammioisilla samakia. Kuumakammioinen on nopeampi prosessi, mutta sillä pystytään puristamaan vain metalleja, joiden sulamispiste on alhainen. Metallin ruiskuvalun etuina on esimerkiksi monimutkaisten osien suurten määrien kustannustehokas tuotanto, lyhyt tuotantoaika, laajat vaihtoehdot eri metalliseoksien käyttöön. (MK Trade Oy N.d.)

## 3 SUUNNITTELUPROSESSI

Toimeksiantajalta on aiemmin puuttunut myymälätiloihin suunniteltu valaisin. Useita tarjouspyyntöjä on mennyt ohi, sillä valaistussuunnittelijat eivät ole valinneet myymäläprojekteihin toimeksiantajan nykyisen malliston valaisimia. Tästä syystä tavoitteena on suunnitella valaisin, joka on kohdennettu nimenomaan myymälätiloihin. Tällöin valaistussuunnittelijat voisivat suoraan laatia suunnitelmat laadukkaalla kotimaisella myymälävalaisimella. Määräviä speksejä ovat ennen kaikkea: valokuviot, teho, valon laatu/määrä, pituus, asennettavuus, laatu, ekologisuus ja toki hinta.

### 3.1 Käytettävät komponentit

Valaisimen oleellisimpiin osiin kuuluvat sen sisältävät komponentit. Näitä ovat esimerkiksi Led-valonlähde, linssi ja virtalähde. Näiden avulla saadaan aikaan haluttu valaisukulma, tarvittava valaistusvoimakkuus, teho, värintoistoindeksi sekä värilämpötila. Suunnittelun alussa on tärkeää valita sopivat komponentit, joiden ympärille rakennetaan valaisimen runko sekä muut tarvittavat osat. Käytettävät komponentit rajaavat esimerkiksi valaisimen kokoa merkittävästi. Komponentit valitaan haluttujen ominaisuuksien perusteella.

Yleensä myymälävalaistuksessa pyritään mahdollisimman hyviin luksitasoihin sekä lattiantasolla että hyllyissä. Tästä johtuen päätettiin, että valaisin myydään aina linssitettyinä. Myymälöissä myös tavoitellaan mahdollisimman tasaista valoa, joten valaisimen tulisi olla mahdollisimman pitkä katvekohtien välttämiseksi sekä mahdollisiin ramppi-asennuksiin. Lisäksi ledikortin tulisi olla leveämpi kuin teollisuusvalaisimissa. Esimerkiksi myymälätilojen benchmarkingissa on tullut usein vastaan 3 rivisen ledikorttimoduulin käyttö linssitettyinä. Näistä syistä päädyimme seuraaviin komponentteihin:

- 3-rivinen ledikorttimoduuli laadukkaalta komponenttitoimittajalta
  - Hyvä lm/W-suhde, suhteellisen hyvä hinta- ja laatusuhde, useita eri värilämpötila-alueita
- Soveltuva linssitys kyseiselle ledikorttimoduulille
- Sopivat vaihtoehdot ledikortin virtalähteelle



- Sisältää mahdollisuuden eri valokuvioille kuten leveä, käytävä, batwing, toispuolinen ja kapea
- Ledikorttia ei tarvitse erikseen ruuvata kiinni, koska linssi painaa ledikortin kiinni, eli tuotanto helpottuu
- Asennuksen helpottaminen läpijohtotuksen ja pikaliittimien avulla
- Mahdolliset ohjausratkaisut
  - Vaatii muovipäädyn signaalin takia

### 3.2 Alustavat ideat

Kun valaisimen komponentit on valittu, on aika siirtyä suunnittelemaan kaikkea muuta. Valaisimen runko on lähes yhtä oleellinen osa kuin sen sisältämät komponentit. Runko määrittää paljolti miltä valaisin näyttää ulkoapäin ja se myös suojaa sisällä olevia komponentteja. Tässä projektissa kehitettiin kaksi eri ideaa, miten rungon voisi tehdä.

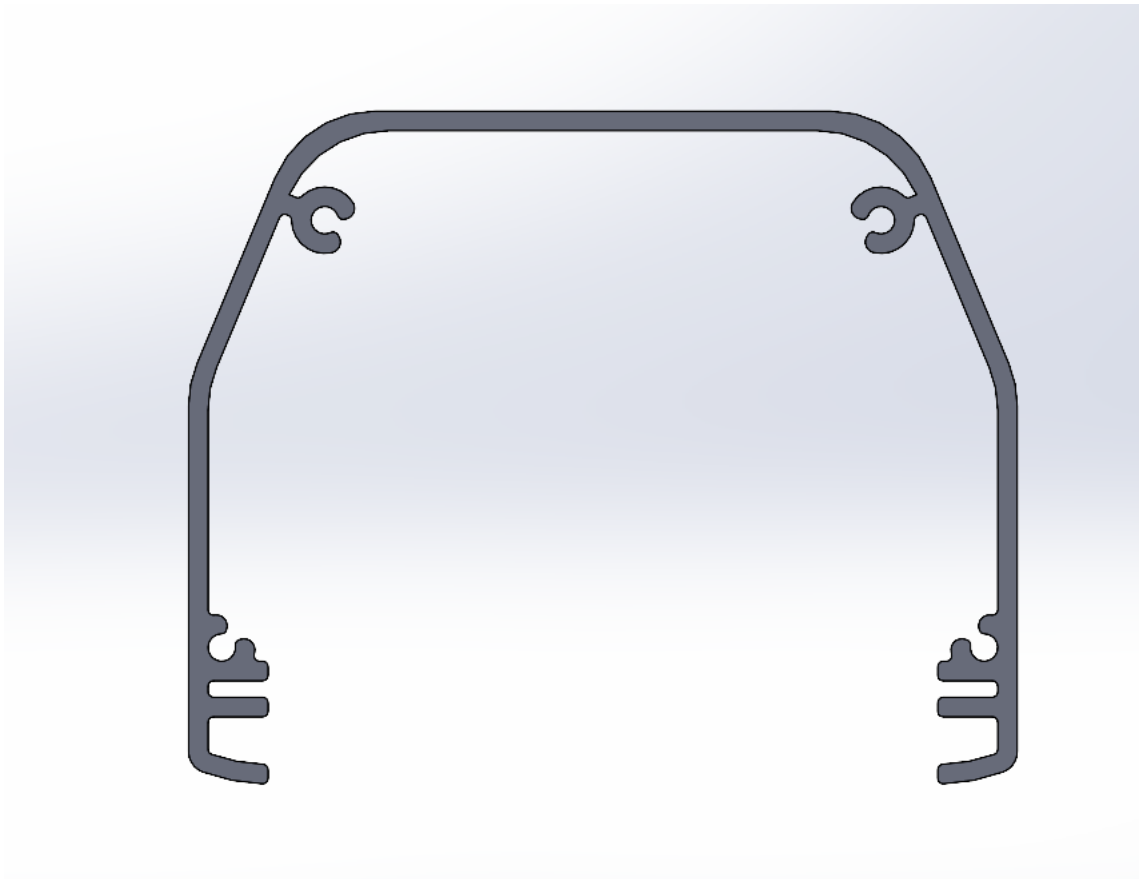
#### 3.2.1 Suulakepuristettu runko

Ensimmäiseksi suunniteltiin valaisimeen suulakepuristettu alumiini runko. Suulakepuristettu profiili asettaa tiettyjä rajoja valaisimen rungon suunnittelussa. Purson Profiilisuunnittelun käsikirja (2014) kertoo kaikki huomioon otettavat kohdat kuten esimerkiksi seinämävahvuus, ruuvitaskut, onkalot ja pyöristyssäteet. Tämän lisäksi myös aiemmasta työkokemuksesta oli apua suunnittelussa.

Profiilin suunnittelu aloitettiin hahmottelemalla ensin profiilin ulkomuoto sekä suuntaa antavat mitat. Tavoitteena oli saada mahdollisimman pieni valaisin käytettävien komponenttien rajoissa. Linssi sekä virtalähde rajoittavat profiilia leveys suunnassa ja virtalähteen korkeus rajoittaa eniten profiilin korkeutta. Täten profiili on suunniteltava niin, että käytettävistä muuntajista isompi mahtuu hyvin sisään. Profiilin muodon inspiraatio tuli osittain toimeksiantajan vanhasta valaisimesta sekä ajatuksesta jatkaa linssin pyöreyttä runkoon.

Ensimmäinen versio (kuva 4) oli suunniteltu noudattamaan suulakepuristuksen vaatimuksia. Seinämäpaksuus oli niin tasainen, kun mahdollista. Ruuvitaskut olivat mallin

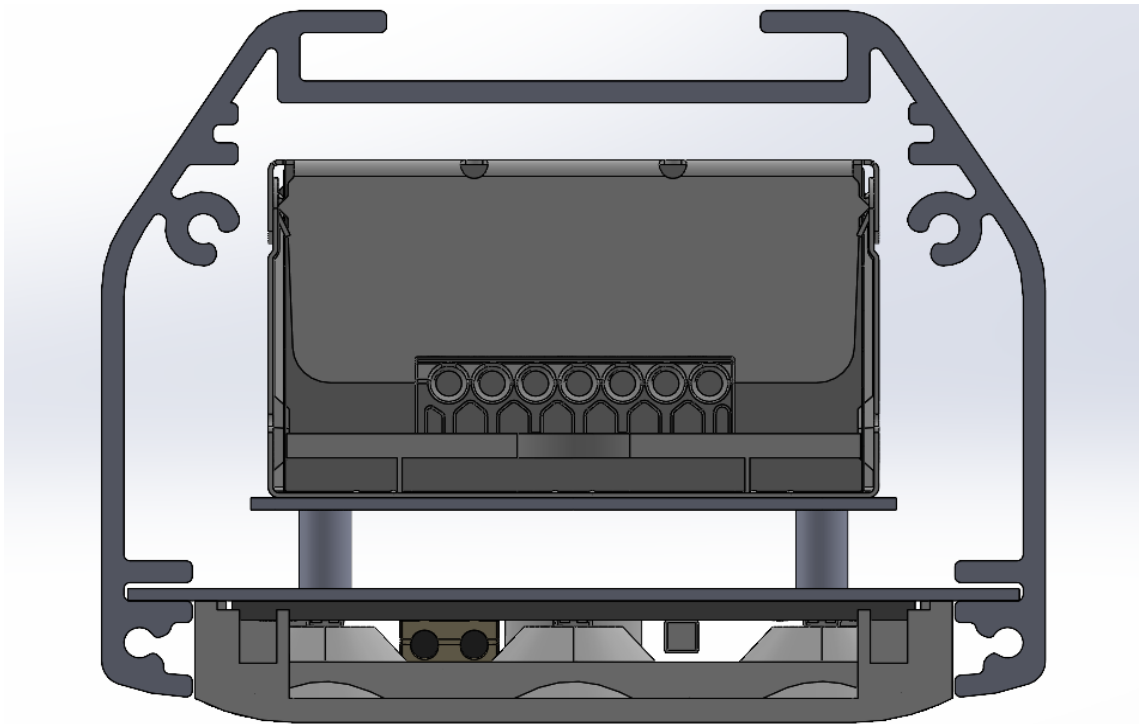
mukaiiset ja terävissä kulmissa oli asianmukaiiset 0,5mm pyöristyukset. 4 ruuvitaskua sijoitettiin niin, että pääty tulisi mahdollisimman tiukasti kulmista kiinni. Alempien ruuvitaskujen alle sijoitettiin ura liu'utettavaa peltiä varten, johon ledit kiinnitetään. Tarkoituksena oli suunnitella pelti, johon kokoonpano vaiheessa kiinnitetään ledit, linssi sekä mahdollisesti myös virtalähde. Tähän peltiin koottaisiin ensin kaikki edellä mainitut komponentit, minkä jälkeen pelti liu'utettaisiin uraan. Kyseinen ratkaisu tekisi kokoonpanosta helpompaa.



Kuva 5. Ensimmäinen versio alumiiniprofiilista

Ensimmäisen version jälkeen kuunneltiin palautetta toimeksiantajalta ja aloitettiin saatu-  
jen kommenttien avulla muokkaamaan profiilia seuraavaan versioon. Profiilista tehtiin  
myös kokoonpanokuva, johon lisättiin tarvittavat komponentit, jotka rajoittavat profiilin  
muotoa. Toisessa versiossa (Kuva 5) profiilin paksuudeksi määritettiin 1.8mm, koska  
myös toimeksiantajan aiemmissa valaisin profiileissa oli käytetty sitä. Kaikki tästä muu-  
toksesta johtuvat mittavirheet korjattiin ja samalla pienennettiin profiilin ulkomittoja. Pro-  
fiilista saatiin matalampi siirtämällä ylempiä ruuvitaskuja alemmas siten, että ne tulevat  
draiverin sivuille. Profiilista saatiin myös hieman kapeampi ottamalla turhaa materiaalia

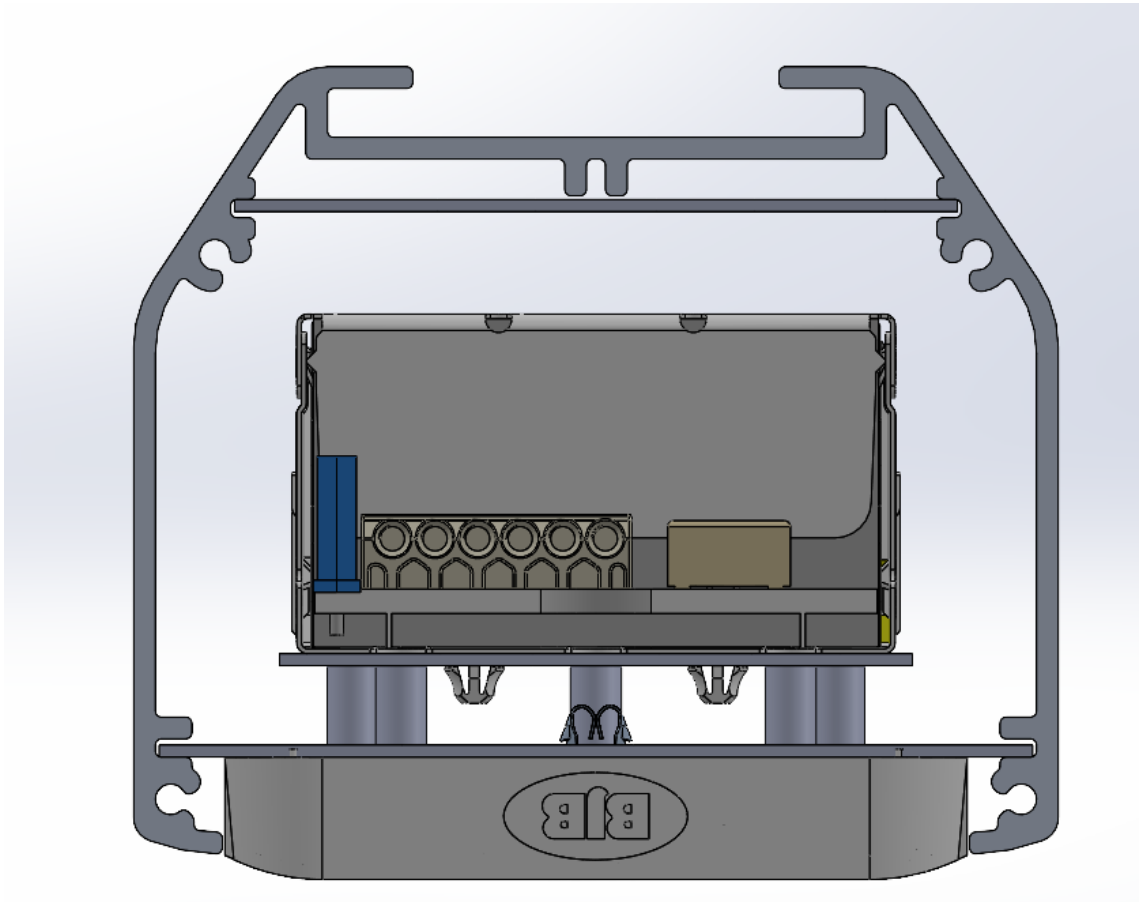
pois ledipellin urasta. Virtalähteelle ja ledeille suunniteltiin erikseen omat pellit, jotka tul-taisiin kiinnittämään toisiinsa puristeholkkien avulla. Tämä mahdollistaisi aiemmin maini-tun suunnitelman kokoonpanosta. Siltä varalta, että virtalähteen ja ledien olo liian lähellä toisiaan aiheuttaisi lämpö ongelmia, tehtiin ylös myös ura erilliselle virtalähteen pellille. Suulakepuristetun muotin muokkaaminen jälkikäteen on lähes mahdotonta, joten on hyvä suunnitella varmuuden vuoksi tuo kyseinen ura, vaikka sitä ei lopuksi tarvittaisi-kaan. Profiiliin lisättiin päälle myös ura valaisimen kiinnittämistä varten. Uran mitat ja muoto kopioitiin suoraan toimeksiantajan aiemmasta valaisinmallista, jotta myös tässä uudessa valaisimessa voitaisiin käyttää samoja kiinnikkeitä kuin vanhassa. Saman kiin-nikkeen käyttö säästää aikaa suunnittelussa ja samalla vältetään myös ylimääräisiltä kustannuksilta.



Kuva 6. Toinen versio alumiiniprofiilista

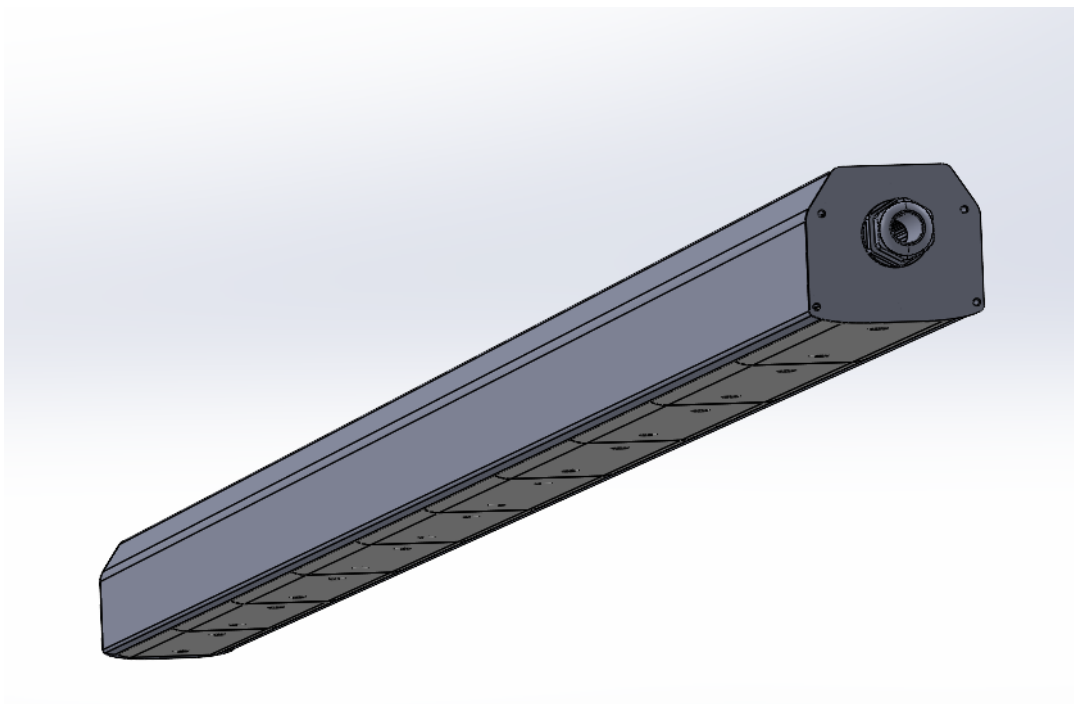
Seuraavassa palaverissa kuultiin palaute alumiiniprofiilin toisesta versiosta. Kävi ilmi, että tarvitaan vielä muutamia muutoksia ja lisäyksiä. Näitä olivat erilaiset mittamuutokset sekä maadoitukseen liittyvät ongelmat. Kolmatta versiota aloitettiin täten tekemään näi-den pohjalta ja samalla viimeisteltiin kokoonpanokuva. Alumiiniprofiiliin lisättiin ura, jota voisi käyttää maadoitukseen sekä tarvittaessa ylös tulevan muuntajan pelliin kiinnityk-seen. Ledikortin vaatimat reiät lisättiin liu'utettavaan peltiin ja puristeholkkien paikkoja muutettiin paremmin sopiviksi. Profiilia pyrittiin myös keventämään mahdollisimman

paljon. Alumiiniprofiilin metrihinta määräytyy puristettavan kappaleen painon mukaan, joten pienikin kevennys auttaa säästämään valmistuskustannuksissa.



Kuva 7. Kolmas versio alumiiniprofiilista

Kokoonpanokuva täydennettiin lisäämällä kaikki valaisimen komponentit. Oleelliset puuttuvat osat olivat valaisimen pääty palat. Päädyistä suunniteltiin metalli ja muovi versiot. Muovi versiolle voi tulla tulevaisuudessa tarvetta, jos valaisimen halutaan käyttävän radiosignaalilla toimivaa ohjausta. Radiosignaali ei kulje metallin läpi ja täten vaaditaan muovinen kohta valaisimessa, josta signaali pääsee kulkemaan läpi. Päätyyn lisättiin myös reikä, josta saadaan virtajohto valaisimen sisälle. Reikään tulee holkkitiiviste, joka toimii vedonpoistona. Vedonpoisto suojaa valaisinta tilanteissa, jossa virtajohtoon kohdistuu vetoa. Tämä vetovoima tulee vedonpoiston ansiosta kohdistumaan holkkiin eikä repäise virtajohtoa irti valaisimen sisältä.



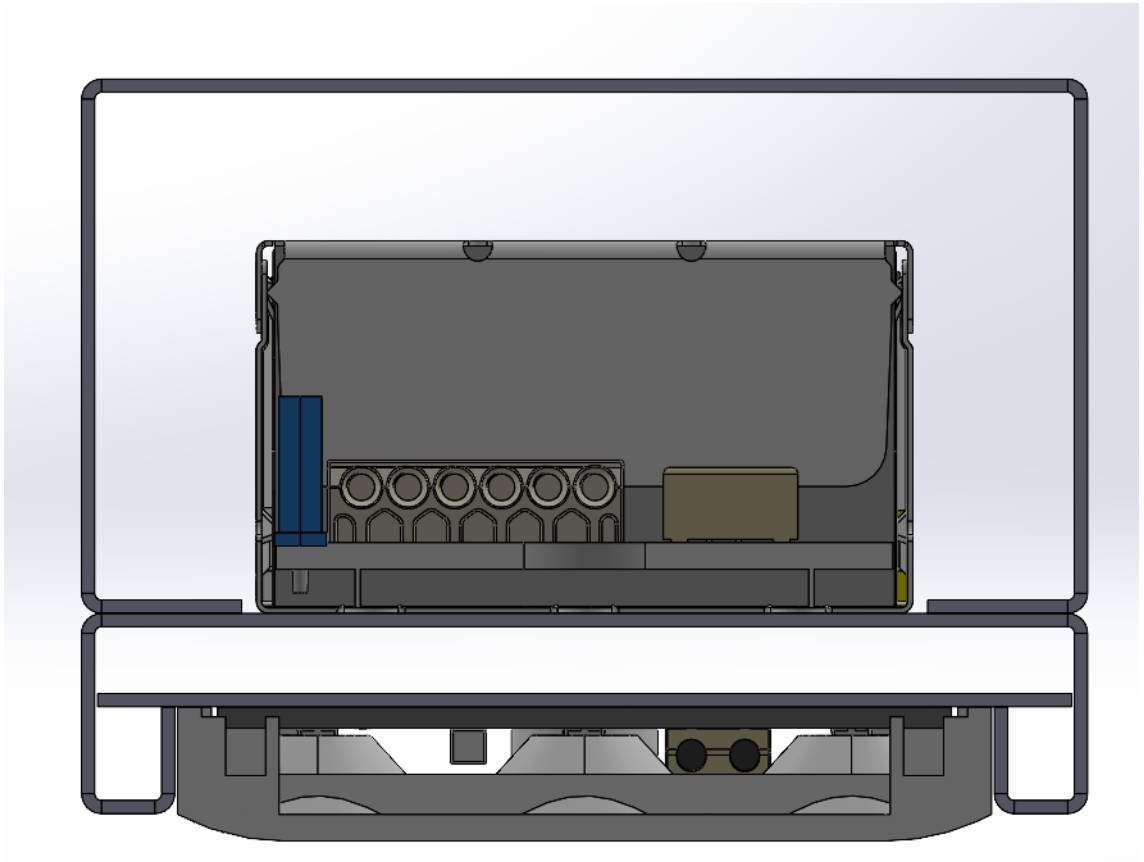
Kuva 8. Valaisimen kokoonpanokuva

### 3.2.2 Ohutlevy runko

Suulakepuristettu runko on yleisin ratkaisu lineaarivalaisimissa, mutta rungon voi tehdä myös ohutlevystä. Ohutlevyn käyttö asettaa tiettyjä rajoja, jotka tekevät suunnittelusta vaikeampaa. Ohutlevystä ei saa särmättyä mitenkään kaikkia samoja muotoja kuin suulakepuristusta. Täten on suunniteltava kokonaan erilainen runko ohutlevyä varten.

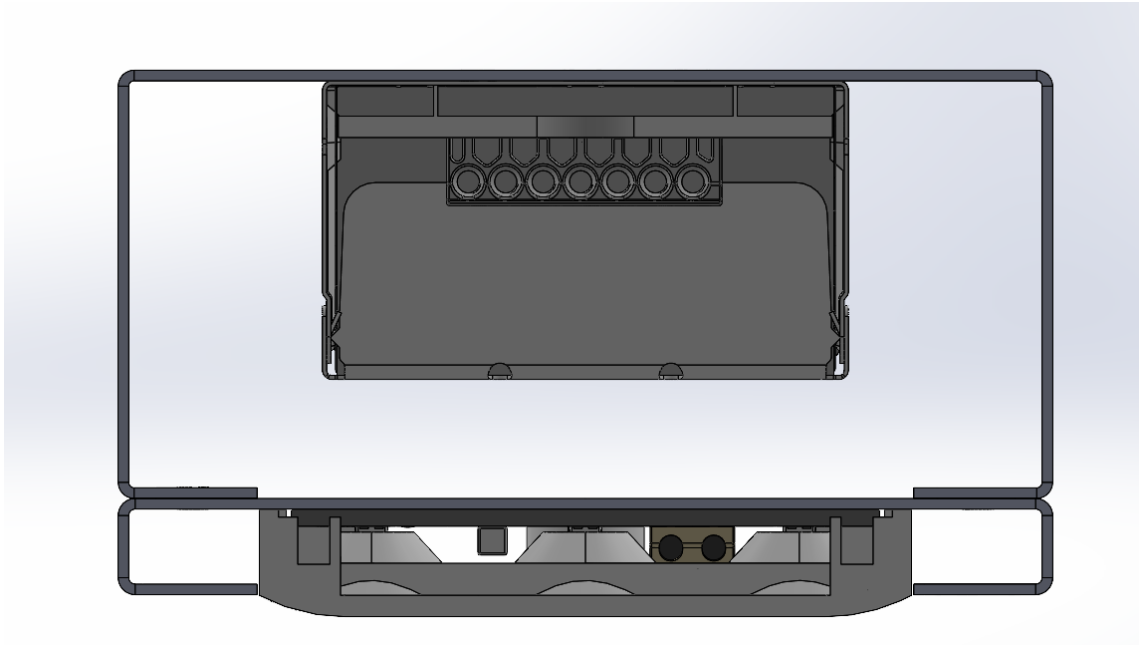
Ohutlevyrunkoa aloitettiin suunnittelemaan samoilla tavoitteilla ja rajoituksilla kuin suulakepuristettua versiossa. Haluttiin siis saada mahdollisimman pieni valaisin käytettyjen komponenttien rajoissa. Ensimmäiseksi hahmoteltiin rungolle suuntaa antavat ulkomitat, jonka jälkeen aloitettiin pohtia mahdollisia ratkaisuja rungon rakenteelle. Haasteena oli saada kaikki komponentit kiinnitettyä runkoon sekä mahdollistaa kyky kiinnittää ja kytkeä kaikki komponentit valaisimen kokoonpanon aikana. Ensimmäinen versio (kuva 8) muodostui kolmesta eri ohutlevystä: ylempi rungon osa, alempi rungon osa sekä pelti ledikortille ja linssille. Tarkoituksena olisi kokoonpanossa ensin koota alemmalle rungon

osalle virtalähde sekä liu'uttamalla työntää sisään ledikortin ja linssin pelti. Tämän jälkeen kiinnitettäisiin ylempi rungon osa.



Kuva 9. Ensimmäinen versio ohutlevyrungosta

Ensimmäisen version jälkeen pidettiin jälleen palaveri toimeksiantajan kanssa ja pohdittiin mahdollisia parannuksen kohteita. Ongelmaksi huomattiin heti ledikortin pellin kiinnitys, joka oli ensimmäisessä versiossa mahdoton. Tämä korjattiin toisessa versiossa (kuva 9) kiinnittämällä virtalähde ylempään rungon osaan sekä kiinnittämällä ledikortti ja linssi alempaan rungon osaan. Ledikortille ei siis enää tarvita erillistä peltiä. Alempi ja ylempi rungon osa tullaan kiinnittämään tässä ratkaisussa alakautta ruuveilla toisiinsa. Toisessa versiossa myös samalla korjattiin muutoksesta johtuvat mittavirheet.

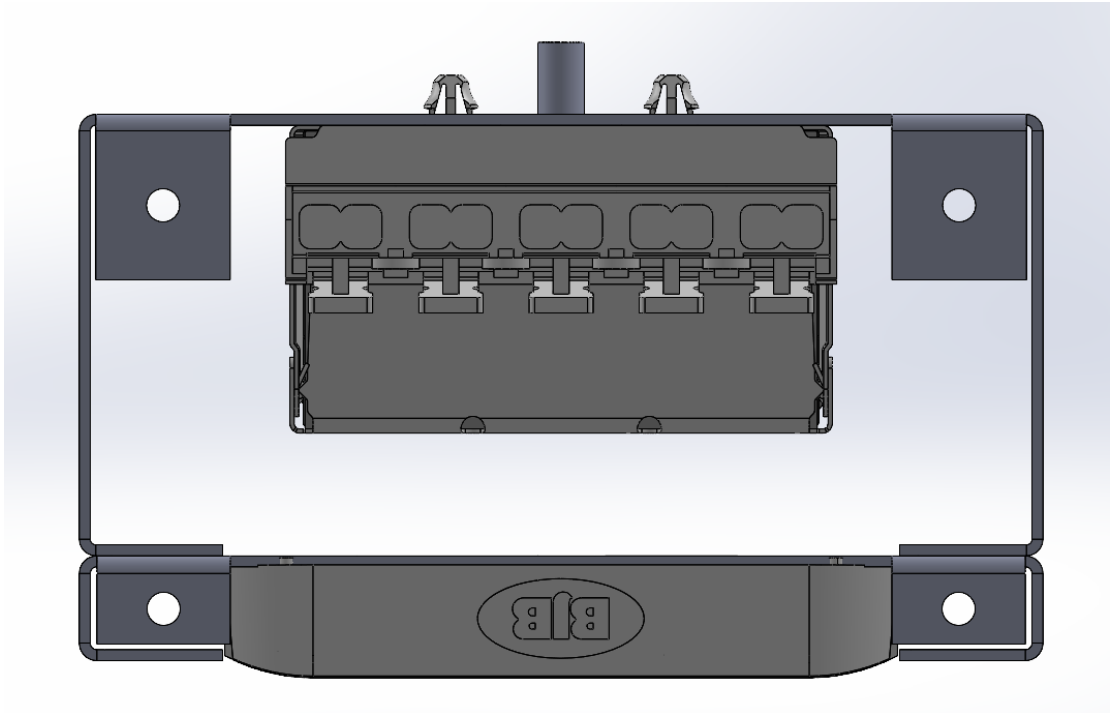


Kuva 10. Toinen versio ohutlevyrungosta

Toinen versio ohutlevyrungosta herätti myös huolen siitä, että pystyykö alihankkija tekemään suunnitelman mukaiset särmäykset. Liian tiukat särmäykset voivat olla mahdottomia jos ei ole sopivaa konetta tai sopivaa terää. Ennen seuraavaa versiota oli siis oltava yhteydessä alihankkijaan ja varmistettava asia. Alihankkijan kanssa pidettiin lyhyt pala-veri, jossa varmistuttiin särmäysten mahdollisuudesta sekä saatiin uusia ideoita esimerkiksi päädyn toteutukseen.

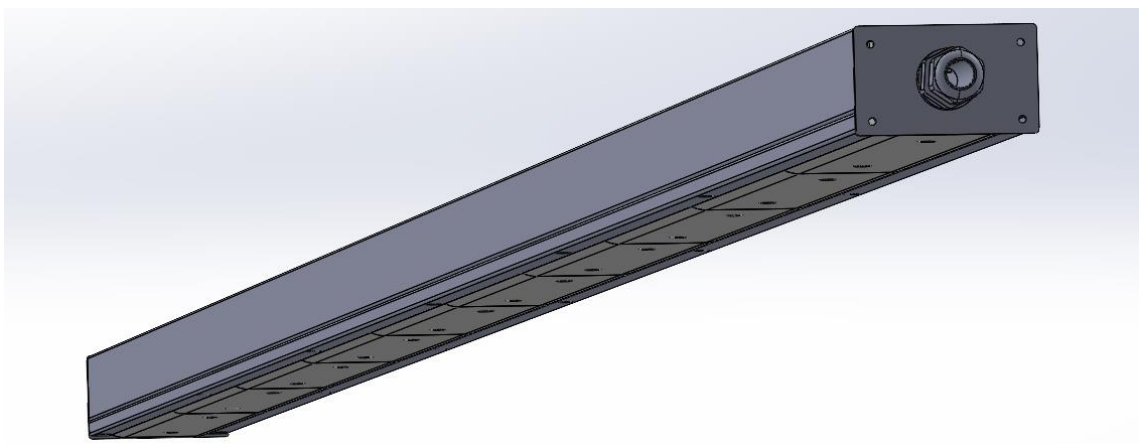
Kolmatta versiota (kuva 10) aloitettiin toteuttamaan lisäämällä erilliselle päätypalalle kiinnitys kohdat. Rungon alempaan ja ylempään osaan tehtiin pienet särmäykset, joiden reikiin tultaisiin kiinnittämään kierteellinen puristeholkki. Tämä mahdollistaa päätypalan kiinnityksen neljällä ruuvilla. Kierteellistä puristeholkkia tultaisiin käyttämään myös alemman ja ylempään osan yhdistämiseen sekä liittimen ja virtalähteen kiinnitykseen. Puristeholkki luo liitokseen pidemmälle matkalle kierteet ja auttaa täten tekemään pitävämman ruuviliitoksen.

Yläosaan tehtiin urat valaisimen kiinnitystä varten. Tarkoituksena olisi käyttää toimeksiantajan vanhaa kiinnikettä myös ohutlevy rungossa. Vanha kiinnike painettaisiin uraan kiinni, mikä mahdollistaisi sen säädettävyyden pituussuunnassa. Säädettävyys on tärkeä ominaisuus asennus ystävällisyyden kannalta.



Kuva 11. Kolmas versio ohutlevyrungosta

Kolmanteen versioon tehtiin oma pääty pala 2mm ohutlevystä, joka kiinnitettiin kokoonpanokuvassa edellä mainittuihin reikiin. Pääty on myös mahdollista tehdä muovista, jos valaisimen ohjaus sitä vaatii. Valaisimen virtajohto suunniteltiin myös ohutlevy versiossa tulevan päädyestä sisään, joten sitä varten lisättiin holkkitiiviste. Holkkitiiviste toimisi samalla tavalla vedonpoistona kuin suulakepuristetussa versiossa. Kokoonpanokuva (Kuva 11) täydennettiin lisäämällä päädyn lisäksi myös kaikki muut puuttuvat komponentit.



Kuva 12. Ohutlevyrungon kokoonpano



### 3.3 Kustannusarviot

Oleellisena osana tätä työtä oli selvittää kustannustehokkain keino valmistaa myymälävalaisin. Tätä varten on tärkeää suorittaa kustannusarviot suulakepuristetulle sekä ohutlevyrungolle. Kustannusarvio sisältää arvion kaikista kustannuksista, mitä kyseisen version valmistus tulee pitämään sisällä. Tässä tapauksessa erot kustannusarviossa koostuvat pääasiassa rungon valmistuksesta ja sen materiaaleista, sillä molemmat versiot käyttävät samoja sisäisiä komponentteja. Otetaan huomioon myös toimeksiantajan vanhan lineaarivalaisimen kustannusarvio ja verrataan sitä tämän työn myymälävalaisimeen.

Suulakepuristetun alumiinin metrihinta määräytyy painon mukaan. Painot arvioitiin SolidWorksin "Mass Properties"-työkalun avulla. Materiaalina käytettiin 6063 T6 alumiinia. Toimeksiantajan vanhan lineaarivalaisimen painoksi tuli 1812 g/m ja uuden myymälävalaisimen painoksi 1283 g/m. Näiden hinta-arvio metrille on noin 12 € ja 8,5 €. Valaisimet sisältävät myös muita peltiosia kuten pelti ledikortille ja virtalähteelle. Näiden kustannukset metriä kohden ovat vanhassa 4,55 € ja uudessa 3,35 €.

Kustannusarvio lasketaan 2,8 m pitkälle valaisimelle, sillä tämä on myymälöissä yleisesti käytetty mitta. Tällöin kustannukset yhdelle valaisimelle ovat 46,34 € vanhalle mallille ja 33,18 € uudelle mallille. Vanha malli vaatii lisäksi myös valosuojaksi diffusorin, joka maksaa 5 €. Täten voidaan todeta uuden myymälävalaisimen osien olevan 18,16 € halvemmat kuin vanhassa lineaarivalaisimessa.

Ohutlevy version hinta koostuu materiaali kustannuksista sekä tarvittavasta työstä, kuten särmäämisestä ja maalauksesta. Toimeksiantajan yhteistyökumppanilta saatiin arvio yhden 2,8 m pitkän rungon kustannuksista. Hinnaksi arvioitiin 33 €, johon sisältyy rungon kahden osan leikkuu, särmäys ja maalaus. Hinta on siis lähes sama kuin suulakepuristetulle alumiiniprofiilille. Ohutlevy versioon voi kuitenkin arvioida noin 1 € lisäkustannuksia sen vaatimien kiinnitysosien takia.

Yhden valaisimen valmistuksen kustannukset ovat lähes samat eli merkittävä ero tulee tuotannon aloitus kustannuksista. Suulakepuristettu versio vaatii suulakepuriste muotin valmistuksen, jonka hinta arvio on noin 1500 €. Ohutlevy versiolle aloitus kustannuksia on vain 60 €, joka aiheutuu levytyökeskuksen ohjelmointikuluista.

## 4 LOPPUTULOS

Työ oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen ja onnistunut. Tehtävänä oli suunnitella uusi valaisin malli, joka on tarkoitettu erityisesti myymälöiden valaistukseen. Tässä onnistuttiin loppujen lopuksi hyvin ja suunniteltiin kaksi eri vaihtoehtoa. Uusi valaisin tulee täyttämään halutut kriteerit, riippumatta siitä kumpi vaihtoehto valitaan tuotantoon. Valaisin täyttää vaaditut tekniset vaatimukset, on helppo asentaa ja on edullisempi valmistaa kuin nykyinen lineaarinen valaisin. Myös kokoonpano tulee helpottumaan.

Lopputulokset vaati kuitenkin useita eri versioita, jotta se täyttäisi kaikki toiveet ja olisi mahdollinen valmistaa. SolidWorksin käyttö tuli täten entistä tutummaksi, ja samalla työ opetti tutustumaan erilaisiin valmistusmenetelmiin.

Seuraava askel valaisimen myyntiin saamisessa vaatii toimeksiantajalta päätöksen siitä, kumpaa versiota aloitetaan valmistamaan. Molemmista versioista voisi myös tehdä mallikappaleen, jotta pystyttäisiin paremmin näkemään valaisimen ulkonäkö ja mahdolliset ongelmat. Suulakepuristetussa versiossa on helpompi ja huomattavasti halvempi teettää 3D-tulostettu malli rungosta. Täten vältytään muotin valmistuskustannuksilta. Ohutlevy-versiosta pystytään tekemään malli edullisesti ilman suuria aloituskustannuksia. Mallit kootaan ja niitä vertaillaan, jonka jälkeen pitäisi tehdä päätös. Päätökseen vaikuttaa merkittävästi se, kuinka paljon oletetaan valaisimen myyvän. Suulakepuristetun rungon korkea aloituskustannus vaatii sen, että valaisinta tulaisiin myymään paljon. Ohutlevy-versio on taas huomattavasti turvallisempi vaihtoehto, koska ei jouduta sijoittamaan niin paljon muottiin.

Ensimmäisenä jatkokehitysideana tulee mieleen ledikortin ja linssin vaihto. Tämän työn lopussa havahduttiin siihen, että kolmirivinen kortti ei välttämättä olisikaan paras vaihtoehto. Myymälätiloihin vaadittava valaistusvoimakkuus sekä muut ominaisuudet olisi mahdollista toteuttaa myös yksirivisellä ledikortilla. Täten käytettävien ledikorttien, linsien sekä virtalähteen hinta olisi pienempi. Valaisimen rungosta tulisi myös pienempi ja täten halvempi. Pienempi myyntihinta tekisi valaisimesta kilpailukykyisemmän.

## LÄHTEET

Laine, L. 2018 Miten hyvä valaistus syntyy. Viitattu 24.2.2021.

<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Miten-hyv%C3%A4-valaistus-syntyy>

Motiva Oy. Lamppujen ominaisuuksia. Viitattu 24.2.2021.

<https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/>

Saarelainen, J. 2019. Valaistuksen ABC – Valaistustermit tutuksi. Viitattu 24.2.2021.

<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Valaistuksen-ABC-%E2%80%94-valaistustermit-tutuksi>

Laine, L. 2019. Värintoistoindeksi. Viitattu 24.2.2021.

<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/V%C3%A4rintoistoindeksi>

Valokas Limic Oy. CRI-lukema. Viitattu 24.5.2021.

<http://www.limic.fi/cri-lukema/>

Any Lamp BV. Mitä UGR tarkoittaa. Viitattu 25.2.2021.

<https://www.lamppuexpress.com/blogi/mita-ugr-tarκοittaa>

OEM Finland Oy. UGR. Viitattu 25.2.2021.

<https://www.hidealite.com/fi-fi/tuki/termit/ugr>

Tuomela, A. 2015. Mitä valo on. Millä tavoin se meihin vaikuttaa. Viitattu 25.2.2021.

<https://ouluma.fi/2015/11/mita-valo-on-milla-tavoin-se-meihin-vaikuttaa/>

Rihloma, S. 1999. Valaistus ja värit sisustussuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy 2000.

Saarelainen, J. 2019. Led valot myymälöihin – liiketilojen valaistus kuntoon. Viitattu 1.3.2021.

<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Led-valot-myy%C3%A4l%C3%B6ihin-%E2%80%94-liiketilojen-valaistus-kuntoon>

Greenled Oy. 2019. Älykkäät myymälävalaisimet lisäävät myyntiä ja tuovat säästöjä. Viitattu 17.3.2021.

<https://greenled.fi/ajankohtaista/alykkaat-myymalavalaisimet-lisaavat-myyntia-ja-tuovat-saastoja/>

Kiiskinen, T. 2017. Mikä on led-valo. Viitattu 2.3.2021.

<https://www.ledexperts.fi/mika-on-led-valo/>

BAL Group Ltd. Alumiinin suulakepuristus. Viitattu 2.3.2021.

[https://www.bal-group.com/fi/aluminium\\_extrusion](https://www.bal-group.com/fi/aluminium_extrusion)

Varela, T. 2020. 5 factors for choosing sheet metal fabrication. Viitattu 12.3.2021.

<https://www.metafab.com/choose-sheet-metal-fabrication/>

MK Trade Oy. Ruiskuvalu. Viitattu 12.3.2021.

<https://www.mktrade.fi/fi/ruiskuvalu/>

Purso Oy. 2014 Profiilisuunnittelun käsikirja.