



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

KEEVITUSMASKIGA INTEGRERITAV VALGUSTI

INTEGRABLE LIGHT FOR WELDING MASK

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Priit Mikker

Üliõpilaskood: 178048MATM

Juhendaja: professor Martin Eerme

Tallinn 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”.....201.... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Mehaanika ja tööstustehnika instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Priit Mikker 178048MATM
Õppekava, peeriala: MATM02/15 - Tootearendus ja tootmistehnika
Juhendaja(d): professor Martin Eerme
Konsultandid:

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Keevitusmaskiga integreeritav valgusti.

(inglise keeles) Integrable light for welding helmet.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kirjeldada keevitusmaskile kinnituva valgusti konstrueerimist.
2. Valida komponendid ja tootmisviis selliselt, et valmiks konkurentsivõimeline valgusti.
3. Arendada edasi valgusti prototüüpi.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Konkurentide toodetega tutvumine	01.03.2019
2.	Lahenduse väljatöötamine	01.04.2019
3.	Mudeli jooniste valmistamine ja lõputöö vormistamine	26.05.2019

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "....."201....a

Üliõpilane: Priit Mikker

..... "....."201....a

/alkiri/

Juhendaja: Martin Eerme

..... "....."201....a

/alkiri

Konsultant:

.....

"....."201....a

/alkiri/

Sisukord

1 Sissejuhatus.....	5
2 Ülesande püstitus.....	6
2.1 Prototüübi analüüs	7
3 Turu-uuring.....	9
3.1 Miller Welding – Helmet Lighting Accessory Kit	9
3.2 Steck – MIG-light.....	11
3.3 ESAB – Easy-Lite LED	12
3.4 WrightLite – Welding LED Flashlight.....	14
4 Uus lahendus	16
4.1 Morfoloogiline maatriks	16
4.2 Lahendid.....	19
4.3 Hindamismaatriks	22
5 Patendi uuring	23
6 Projekteerimine.....	24
6.1 Detailide valik.....	24
6.2 Tootmistehnoloogia valik.....	29
6.3 Materjali valik	30
6.4 Modelleerimine.....	31
7 Majanduslik arvutus	38
Kokkuvõte.....	40
Summary	42
Kasutatud kirjandus.....	44
Lisad.....	46
Lisa 1. Heleduse mõõtmise tulemused	47
Lisa 2. Valgusti koostu joonis	48
Lisa 3. Valgusti korpuse joonis	49

1 SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärk on kirjeldada keevitusmaskile kinnituvat valgusti konstrueerimist. Teema valiku põhjus on isiklik huvi, kuna ebapiisav valgustus keevitamisel on autori varasema töökogemuse juures olnud pidev probleem.

Keevitusmaski kasutatakse keevitamisel näo ja pea kaitsmiseks kuumade metallipritsmete, sädemete ning tugeva ultraviolet- ja infrapunakiirguse eest. Keevitusmaske on valdavalt kahte laadi: isetumenevad ja n-ö tavalised. Tavalise maski puhul toimub keevituskaare ja –õmbluse jälgimine läbi tumendatud klaasi. Kuna klaas on tavavalguses läbipaistmatu, nõuab see keevitajalt iga uue õmbluse tegemiseks või detailide paigutamiseks keevitusmaski ülestõstmist. Enne kui keevitaja süütab keevituskaare, peab ta järsu peanoogutusega või ühe käega liigutama maski tagasi näo ette. Selle viisi suurimad puudused on lisanduv ajakulu ja võimalik ebatäpsus käe või detaili nihkumise tõttu, kuna keevitajal puudub hetkeks nähtavus keevitatavate detailide üle. Lisaks on võimalik ka juhuslik kokkupuude infrapuna(IR) ja ultraviolet(UV) kiirgusega, kui mask ei peaks täielikult oma asendisse langema.

Peaaegu kõigi tavalise keevitusmaski puuduste vältimiseks on välja töötatud isetumeneva filtriga keevitusmask. Selle filtris olev valgusandur tajub keevituskaare süttimishetkel tekkiva valgussälvatuse ja lülitab 0,1 s jooksul filtris oleva vedelkristallpaneeli eelseatud tumedasse tooni. UV ja IR kiirguse muudavad inimese jaoks kahjutuks vedelkristallpaneeli ees paiknevad polariseerivad filtrid [1].

Puhkeasendis on isetumeneva keevitusmaski filter piisavalt läbinähtav, et on võimalik detaile käsitseda, lihvida ja muid tegevusi teha. Siiski on filtri tugeva polarisatsiooni tõttu nähtavus võrreldes palja silmaga palju kehvem. Seetõttu kasutavad paljud keevitajad, eriti kehva töökoha valgustatuse puhul, lisavalgusallikaid. Üldiselt on selleks kandelambid. Kandelambid on siiski üsna kohmakad ja valgustavad vaid sinna suunda, kuhu need esialgu suunata. Keevitamise kui liikuva protsessi puhul on aga tihti vajalik valgust liigutada keevituspüstoliga kaasa, juhaks kui on vaja näiteks õmblust katkestada ja kontrollida.

Kandelambist on vähe kasu ka juhul, kui ümbritsev pind ei võimalda kuhugi kandelampi kinnitada. Selle näiteks on siledast alumiiniumist laevakered.

Käesolevas lõputöös on käsitletud odavama hinnakategooria maskile kinnituvat valgustit.

Maski konstruktsiooni reguleerivad standardid: EN 175:1997 ja ANSI Z87.1:2015 [2; 3].

Konstrueerimisel kasutatud programm: Solid Edge ST9.

2 ÜLESANDE PÜSTITUS

Lõputöö eesmärgiks on kirjeldada keevitusmaskile kinnituva valgusti konstrueerimist. Keevitusmaskiks, kuhu valgusti kinnitub on firma Telwin maski mudel Tribe (Joonis 2.1) ja selle laadsed teiste tootjate maskid (Deca WM31, Patron Safety HM002, Autodim XA1010) [4; 5; 6; 7]. Maski valiku põhjused on esiteks, kuna sellise maski soetusmaksumus on väike (~40-50€) ja teiseks, selline on autori tähelepanekute põhjal üks levinumaid maske hobimehaanikute ja väikeste töökodade kasutuses. Need on ka need sihtgrupid, kellele see toode on esialgu suunatud. Teisalt on maski konstruktsioon sobiv sellise valgusti kinnitamiseks. Kolmandaks on seda laadi maski ka maailmas palju kopeeritud, mis suurendab võimaliku turu suurust. Ka on sellest kallimad maskid(>500€) parema läbipaistvusega, seega pole lisavalgustus nende puhul nii vajalik.

Konstruktsiooni aluseks on grupitöö õppeaines Kiirprototüüpimise projekt. Õppeaine grupitöö tulemusena toodeti kihtlisandustehnoloogiat kasutades keevitusmaski valgusti prototüüp. Selle lõputöö eesmärgiks on konstrueerida valgusti, kus oleks arvesse võetud prototüübi katsetamisel saadud empiirilised andmed ja mis oleks võimalikult lihtne ning soodne toota, kasutades seeriaviisilise tootmise jaoks sobivamat tehnoloogiat. Eesmärk on valgustit lihtsustada, kompaktsemaks muuta ja rõhuda moodsale disainile. Oluline on leida lahendus, mis toimiks ka professionaalses töökeskkonnas ega saaks põhjustada tööõnnetusi. Loodav valgusti ei tohiks mingil viisil vähendada olemasoleva maski kasutusmugavust. Maksimaalse kasutatavuse huvides on valgusti tööajale seatud miinimumpiiriks 8h.



Joonis 2.1. Telwin Tribe keevitusmask

2.1 Prototüübi analüüs

Valgusti korpuseks (Joonis 2.1.1) on keevitusmaskile kinnituv kaitseklaasi raam. LED-i, toiteallikate, juhtmete ja lüliti mahutamiseks on prototüübi puhul oluliselt suurendatud raami sisemist mahtu. Valgusti asendab kaitseklaasi raami, kuid säilitab selle funktsionaalsuse ja samad kinnituskohad. S.t. valgusti lihtsalt lisamise asemel on antud ühele olemasolevale detailile mitmene funktsionaalsus. Negatiivse poole pealt on eraldiseisvate patareihoidikute tõttu valgusti korpus ebaproportsionaalselt suur (Joonis 2.1.2), põhjustades valgusti kohmakat väljanägemist. Valgustil on kaks töörežiimi.

Katsetuste käigus selgus, et töörežiim 1 ehk nõrgema valgusega töörežiim ei leia sisuliselt kunagi kasutust. Põhjuseks asjaolu, et ka pimedates oludes sobib eredam valgus maski filtrile ega pane seda valel hetkel tumenema. Samas, kui tööalas oli peegeldavaid objekte, mille pealt tagasitulevad helgid põhjustasid filtri tumenemise, ei aidanud ka nõrgemale valgusrežiimile lülitamine ning filtri töö oli ikka häiritud. Siit järeldaks, et ka lõpptootel piisaks vaid ühest valgustugevuse režiimist – eredamast.

Prototüübi katsetamise käigus sai valgustil katsetatud ka automaatset väljalülitust. Muudatuse tegemise tingis idee, et keevitamise ajal ei ole lisa valgustust vaja ja patareide kokkuhoiu eesmärgil võiks valgusti välja lülitatud olla. Väljalülitus sai teostatud transistoreid kasutades nõnda, et maski valgusti põleb vaid siis, kui filter ei ole tuvastanud kaarleegi loomist ehk ei ole tumendanud klaasi.

Paraku põhjustas valgusti taaskäivitumine üksikutel kordadel maski tumenemise, põhjustades uuesti valgusti kustumise ja siis taaskord valgusti süttimise, mille peale mask tumenes korraks ja alustas ebasoovitavat tsüklit uuesti. Reaalses elus põhjustaks see pikema pausi pärast keevise lõpetamist ja suurt ebamugavust. Seega lõpptootel automaatset väljalülitust ei kasutaks.



Joonis 2.1.1. Prototüübi korpuse sisevaade



Joonis 2.1.2. Prototüüp maskile paigaldatuna

3 TURU-UURING

Uuringu eesmärk on leida turult sarnaseid tooteid ja neid analüüsida. Sarnaste toodetena on peetud silmas keevitusmaskile kinnituvaid valgusteid ja muidu keevitajatele suunatud mittestatsionaarseid valgusteid. Nõrkade ja tugevate külgede analüüsiga saab valida iga toote parimad omadused ja proovida neid ära kasutada oma tootel, muutes seda täiuslikumaks.

3.1 Miller Welding – Helmet Lighting Accessory Kit

Miller Welding on üks suurimaid tootjaid keevitusseadmete ja -vahendite turul. Nende müüdav valgusti kujutab endast ette kahte maski külge kinnituvat hoidikut ja kahte LED-pliiatslampi. Hoidikud kinnituvad maski peakinnituse kinnitus-reguleerkrude alla [8].

Tabel 3.1.1. Miller Welding valgusti tehnilised näitajad

Hind	Valgusvoog	Toide	Patareide vastupidavus	Kinnituse tüüp
38€	140 lm	4x AAA	5 h	Maski kinnituskruvide külge

Puudused:

- Kohmakas disain – maskist väljaulatuvad osad võivad töö käigus kuhugi takerduda põhjustades valgusti mujale suunamist, eemaldumist või purunemist. Millegi ootamatu takerdumine võib põhjustada ka kasutajale vigastusi.
- Sobivus vaid Miller-i ja Hobart-i maskidega. Teiste tootjate maskide jaoks vajavad ümberkohandamist.
- Patareid ei pea vastu ühte töövahetust (8 h).

Tugevused:

- Valgusteid saab kumbagi ise suunda suunata, võimaldades laiemat valgustatud ala.



Joonis 3.1.1. Miller Welding valgusti



Joonis 3.1.2. Miller Welding valgusti paigaldatuna

3.2 Steck – MIG-light

Tegemist on keevitusseadme põleti külge kinnitatava punktvalgustiga. Elastsest materjalist klamber võimaldab kinnitamist erineva läbimõõdu ja paindenurgaga põletite külge [9].

Tabel 3.2.1. Steck valgusti tehnilised näitajad

Hind	Valgusvoog	Toide	Patareide vastupidavus	Kinnituse tüüp
22€	-	1x AAA	-	Põleti külge

Puudused:

- Valgusvihk suunatud ainult otse keevitustsooni – ümbritseva keskkonna nähtavus piiratud
- Nõrk valgus (kasutajate hinnangu põhjal) – vähene kasutegur piiratud valgustusega töökohal.
- Liiga lähedal keevitustsoonile – pikema kasutuse korral sulab ära.

Tugevused:

- Universaalne kinnitus – teoreetiliselt sobib paljudele erinevatele seadmetele.



Joonis 3.2.1. Steck valgusti



Joonis 3.2.2. Steck valgusti paigaldatuna

3.3 ESAB – Easy-Lite LED

Esab on keevitusseadmete ja -vahendite tootja. Näpitskinnitusega punktvalgus on mõeldud kinnitamiseks keevitusmaski serva külge [10].

Tabel 3.3.1. ESAB valgusti tehnilised näitajad

Hind	Valgustugevus	Toide	Patareide vastupidavus	Kinnituse tüüp
24€	15 cd	-	50 h	Maski serva külge

Puudused:

- Üksiku punktvalgusti vihk on liialt kitsas, et katta kogu maskist nähtavat ala.
- Kinnituse tüüp määrab ära, et valgusvihku jääb alati varjama mask ise, sest valgustit saab minimaalsegi töötsooni valgustatuse jaoks paigalda vaid maski alaserva või ülaserava külge.

Tugevused:

- Patareide vastupidavus



Joonis 3.3.1. ESAB valgusti



Joonis 3.3.2. ESAB valgusti paigaldatuna

3.4 WrightLite – Welding LED Flashlight

Tegemist on maski külge paigaldatava magnetkinnitusega valgustiga. Paigaldamiseks on vajalik kleepida magnet maski siseküljele. Selle eesmärk on hoida läbi maski valgustit paigal [11].

Tabel 3.4.1. Wrightlite valgusti tehnilised näitajad

Hind	Valgusvoog	Toide	Patareide vastupidavus	Kinnituse tüüp
36€	140 lm	3x AAA	8 h	Magnetiga maski külge

Puudused:

- Ulatub eemale maski välisgabariitidest – võimalik takerdumine
- Mittemehaaniline kinnitus – takerdudes võib lihtsasti eemalduda maskilt ja puruneda

Tugevused:

- Patareide vastupidavus
- Hea valgustugevus



Joonis 3.4.1. Wrightlite valgusti



Joonis 3.4.2. Wrightlite valgusti paigaldatuna

Uuringu kokkuvõte

Konkurentide suurimad puudused on kohmakas disain, vähene valgustugevus ja piiratud valgusvihk. Seega peab konstrueeritav valgusti konkurentide trumpamiseks olema neis aspektides tugevam.

Kuna ühegi valgusti hind ei ületa 40€ piiri, oleks konstrueeritava valgusti soovimisyäärne müügihind ka samas piirkonnas.

4 UUS LAHENDUS

4.1 Morfoloogiline maatriks

Lõpliku lahenduse väljatöötamise esimene etapp on morfoloogilise maatriksi koostamine, kus igal real on loodava lahenduse osafunktsioonid ja veergudes lahendused neile funktsioonidele.

Tabel 4.1.1. Morfoloogiline maatriks

Lahendus Tunnus	A	B	C	D	E
1. Kinnitus	Magnet	Klamber	Iminapp	Maski sisse integreeritud	Mehaaniliselt kinnitatud
2. Valgusti tüüp	Piklik COB-LED	Ruudu-kujuline COB-LED	DIP - LED	Hõõglamp	Ksenoonlamp
3. Lüliti tüüp	Liug-	Klahv-	Tumbler	Mikro-	Nupp-
4. Toiteallikas	AAA	AA	Nööppatarei	Aku	Päikesepatarei
5. Toiteallika paigutus	Eraldi karbis	Eraldi hoidikud	Integreeritud valgustisse	Integreeritud maski	Kasutab filtri toiteallikat
6. Materjal	Plast	Alumiinium	Plastkomposiit-materjal	Puit	Magneesium

Kinnitus

Magneti all on peetud silmas sisuliselt sama lahendust, mida kasutab Wrightlife-i lamp.

Klambri all on mõeldud näpitsklambrit (à la Esab) või kruviga klambrit. Sel juhul kinnitaks see maskil leiduva sobiva elemendi külge – nt serva. Iminapp kinnitub piisava pinnakareduse ja pinnatasasusega pinnale. Maski sisse integreeritud lahendusel ei ole eraldi valgustikorpus, vaid valgusti on juba algselt konstrueeritud maski osana.

Mehhaaniline kinnitus näeb ette avade puurimist ja valgusti kinnitamist kruvide või neetidega kui maskil ei ole juba algselt sobivaid elemente (nt reguleerkruvid), kuhu sellist kinnitust paigaldada.

Valgusti tüüp

COB-LED puhul on LED-kristallid paigaldatud ühele alusplaadile võimalikult tihedalt. See tagab valguse ühtlase jaotumise ja elementide piisava jahutuse. DIP-LED on vanim ja levinuim tüüp LED-e. Valgusvihk on kitsalt koondunud [12].

Hõõglamp on traditsiooniliseim valgustuviis, selle kõige iseloomustavamateks omadusteks on suur energiatarve ja palju eralduvat soojust.

Ksenoonlampe kasutatakse väga eredat valgust nõudvates lahendustes. Nt välklambid, autode esituled. Tarbivad veel rohkem energiat kui hõõglambid.



Joonis 4.1.1. Valgustid. Vasakult paremale: piklik COB-LED, ruudukujuline COB-LED ja DIP-LED-id

Lüliti tüüp

Valgusti sisse-välja lülitamiseks vajalik lüliti saab olla mitut tüüpi. Igal juhul on lüliti paigutatud ligipääsetavasse kohta ja peab olema kasutatav ka kinnastatud käega.

Toiteallikas

AAA, AA ja nööppatarei all on peetud silmas kergelt vahetatavaid standardseid patareisid. Eelduseks on lihtne eemaldatavus valgustist. Aku kasutamise puhul on vajalik tuua ligipääsetavasse kohta pistikühendus, kuhu saaks ühendada akulaadija.

Päikesepatarei oleks paigaldatud maski välispinnale.

Toiteallika paigutus

Toiteallikas on portatiivsete valgusallikate puhul alati kõige suurem element. Seega on nende ära mahutamine valgusti korpusesse üks suurimaid väljakutseid. Kasutades standardtooteid, saab patareid paigutada valgustist eraldi olevatesse hoidikutesse (Joonis 4.1.2) või karp (Joonis 4.1.3). Kompaktsem lahendus on kasutada sissepressitavaid klemme (Joonis 4.1.4) ja patareide hoidikud konstrueerida valgusti või maski ühe osana. Ühe variandina on võimalik kasutada ka keevitusfiltri toiteallikat, vältides sedasi lisatoiteallikate paigutamise vajadust.



Joonis 4.1.2. AAA-patarei hoidik



Joonis 4.1.3 AAA-patareide karp



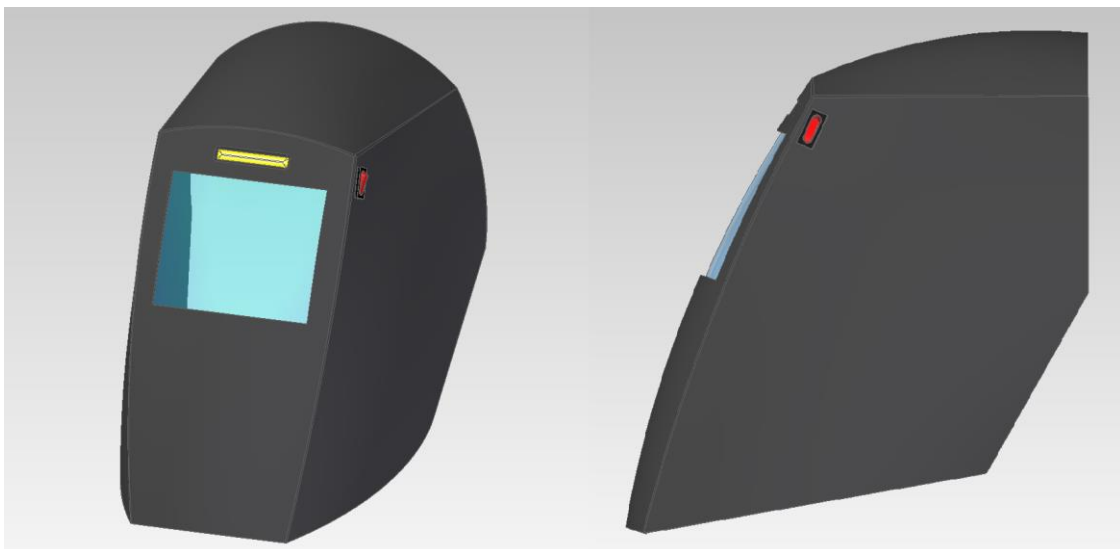
Joonis 4.1.4. Sissepressitavad klemmid

4.2 Lahendid

Analüüsisdes maatriksi ja leides igale funktsioonile lahenduse, mis on kooskõlas ka teiste osafunktsioonidega, on leitud 3 võimalikku lahendusvarianti.

Variant 1

1.D+2.A+3.B+4.A+5.D+6.A.



Joonis 4.2.1 Variant 1 skits

Lahenduse ülevaade:

Valgusti, mis on täielikult integreeritud keevitusmaski, s.t nii valgusallikas kui toiteallikas on osaks maski tervikust. Toiteallika(AAA-patareid) kontaktidena kasutatakse sissepressitavaid klemme. Seeriatootmise lihtsustamiseks on valgusti valmistatud plastist. Laia valgustusnurgaga

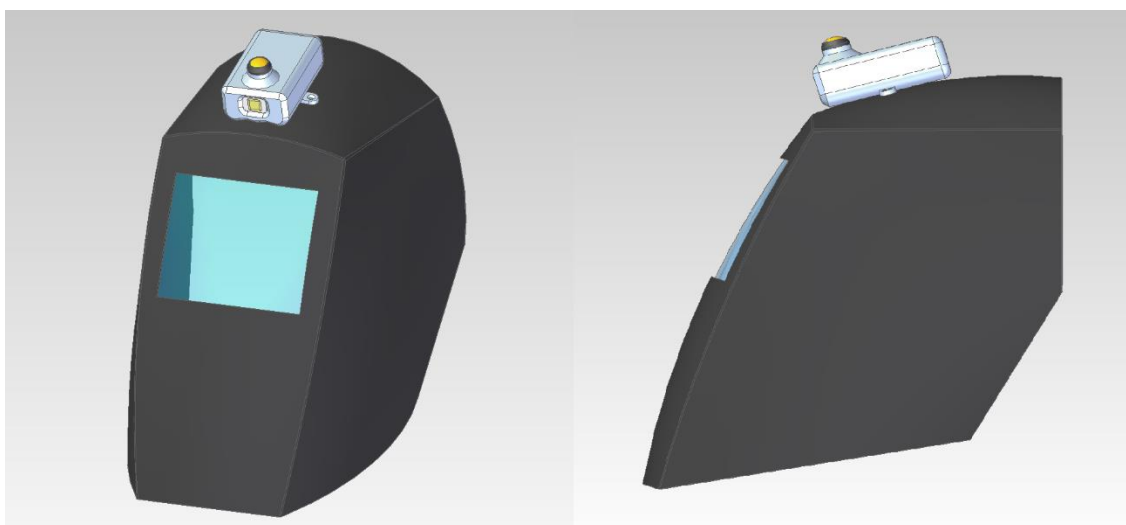
pikliku COB-LED-i saab tööle lülitada klahvlülitiga. Paigaldamiseks pole vajalik olemasolevat maski mingil moel modifitseerida.

Tabel 4.2.1. Variant 1 konstruktsiooni kirjeldus

Variant 1	Maski sisse integreeritud; piklik COB-LED; klahvlüliti; AAA patareid; toiteallikas integreeritud maski; plast	
	Plussid	Miinused
	Konstruktsiooni kompaktsus	Mitteuniversaalsus
	Lihtne paigaldus	
	Hea valgustatus (valgusti vaateava kohal)	Keerukam konstruktsioon võib põhjustada kallima hinna
	Töökindel ja hästi käsitsetav klahvlüliti	

Variant 2

1.E+2.B+3.E+4.B+5.C+6.E



Joonis 4.2.2 Variant 2 skits

Lahenduse ülevaade:

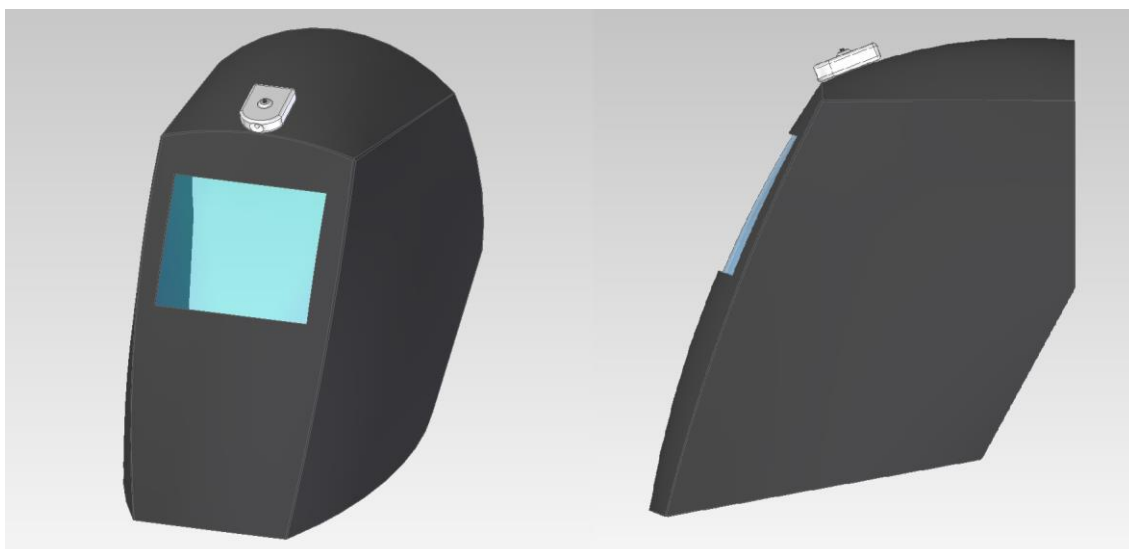
Taskulambi-laadne valgusti, millel on magneesiumkorpus, mis on kujundatud sobima enamusele keevitusmaskidest. Kinnitatakse maskile kahe M3 poldiga. Kinnitamiseks vajalik maski modifitseerida avade puurimise näol. Ruudukujuline suure valgustugevusega COB-LED saab toitevoolu AA-patareidelt. Tööle lülitamine käib nupplülitiga.

Tabel 4.2.2. Variant 2 konstruktsiooni kirjeldus

Variant 2	Mehaaniliselt kinnitatud; ruudukujuline COB-LED; nupplüliti; AA patareid; toiteallikas integreeritud valgustisse; magneesium	
	Plussid	Miinused
	Universaalsus	Kinnitub maski välispinnale, võib takerduda ja puruneda
	Valgustugevus	
		Valgusvihk varjatud maski poolt
		Vajadus maski modifitseerida

Variant 3

1.A+2.C+3.D+4.C+5.C+6.B



Joonis 4.2.3 Variant 3 skits

Lahenduse ülevaade:

Orienteeritud kompaktsusele.

Magnetiga kinnituv magneesiumkorpusega kompaktne valgusti. Selle üksik DIP-LED saab toite nööppatareilt (nt. CR2032). Tööle lülitatakse valgusti pinnast väljaulatuva mikrolülitiga.

Tabel 4.2.3. Variant 3 konstruktsiooni kirjeldus

Variant 3	Magnetkinnitusega; DIP-LED; mikrolüliti; nõõppatarei; toiteallikas integreeritud valgustisse; alumiinium	
	Plussid	Miinused
	Universaalsus	Kinnitub maski välispinnale, võib takerduda ja puruneda
	Lihtsus	
	Väiksemõõtmeline	Valgusvihk varjatud maski poolt
		Kitsalt koondunud valgusvihk

4.3 Hindamismatriks

Sobivaima variandi leidmiseks on vajalik koostada hindamismatriks, kus antakse iga variandi omadustele hinne 5 palli skaalas. Iga omadus korrutatakse omakorda läbi kaaluga, et vähemtähtsad omadused ei kaaluks üle prioriteetseid omadusi.

Omadusi hinnatakse Ülesande püstituse peatükis välja toodud nõuete alusel.

Tabel 4.3.1. Hindamismatriks

		Variant 1		Variant 2		Variant 3	
Omadus	Kaal	Hinne	Kokku	Hinne	Kokku	Hinne	Kokku
Hind	2	2	4	4	8	5	10
Kasutusmugavus	4	5	20	3	12	4	16
Tööaeg (patareide kestvus)	3	3	9	2	6	2	6
Valgustugevus	5	4	20	5	25	2	10
Valguse jaotus	4	5	20	2	8	1	4
Vastupidavus töökeskkonnas	5	5	25	3	15	2	10
Disain	2	5	10	2	4	2	4
Universaalsus	3	1	3	5	15	5	15
			111		93		75

Kõrgeima koguhinde sai Variant 1, seega konstrueerimisel lähtutakse sellest lahendusest.

5 PATENDI UURING

Sarnaste toodete patentide otsimisel on kasutatud Maailma Intellektuaalomandi Organisatsiooni (edaspidi WIPO), Euroopa Patendiameti (edaspidi EPO) ja Google Patents otsingumootoreid [WIPO, EPO, google viide].

Otsingul kasutatud märksõnad: *welding mask lamp; welding helmet lamp; welding lamp; welding illumination.*

Otsingu tulemusel leiti sarnase tehnilise lahendusega valgusti. Tegemist on valgustiga, mida kirjelduse järgi on võimalik kinnitada erinevatele näokaitsemaskidele s.h. keevitusmaskidele. Valgusallikateks on kaitseklaasi ümber paiknevad suunatud DIP-LED-id.

Patent on väljastatud WIPO poolt 02. veebruaril 2017.

Leiutaja: Azamat Dautov.

Patendi number: WO2017018919A1.

Nimetus: Light frame for visor [13].

6 PROJEKTEERIMINE

6.1 Detailide valik

Lüliti

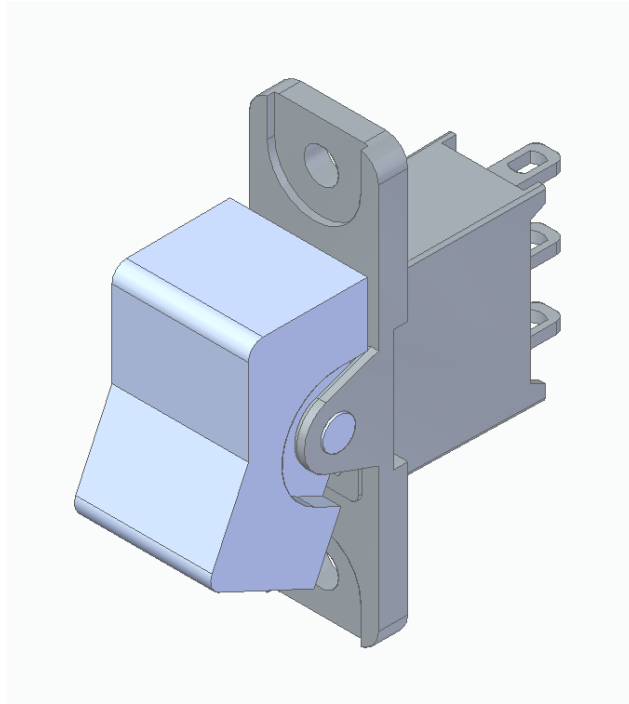
Lüliti valikul on lähtunud asjaolust, et ümbritsevas keskkonnas võib leiduda väga palju lenduvaid metalliosakesi ja muid abrassiivseid peeneid osakesi. Seetõttu on vajalik veenduda, et kasutatav lüliti oleks piisava kaitsega tolmu vastu. Elektriseadmete kaitseastet välismõjude eest väljendab IP-kood(nt IP44), mis on reglementeeritud standardiga EN60529 [14].

Standard määrab kaitseaste kujul IPXX, kus esimene number väljendab kaitset tahkete osade sisestamise vastu ja teine number vedelike vastu.

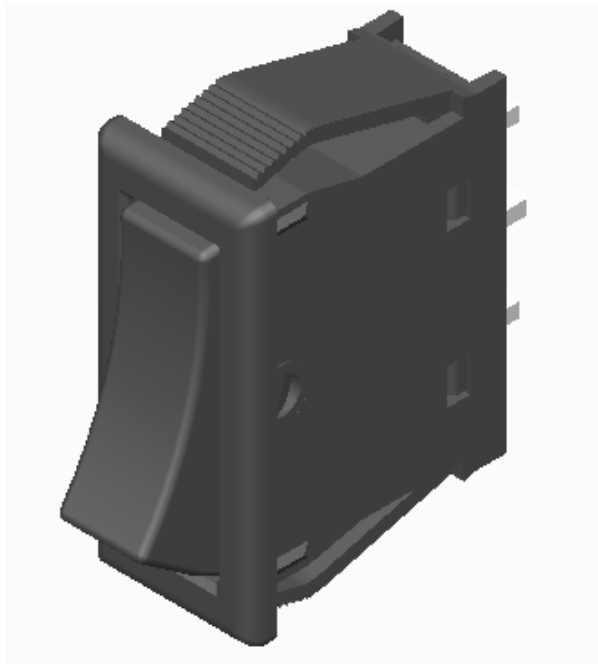
Kuna konstrueeritava valgusti töökeskkonnas ei ole ohtu veejugadega kokkupuuteks, on lähtunud lüliti valikul ainult piisavast kaitsest tahkete osade vastu. Piisav kaitse oleks sel juhul IP5x (Nt IP52). IP5X on standardis väljendatud kui mittetäielik kaitse tolmu vastu, kuid piisav, et see ei segaks seadme töötamist.

Kuna tegemist on kompaktsel valgustiga, on väga tähtsad ka lüliti väikesed mõõtmed. Etteantud tingimusi rahuldav väikseimate mõõtmetega lüliti on Carling 1MS-SP1-R6/2-M1GE (Joonis 6.1.1) kaitseastmega IP67 [15]. Antud lüliti CAD-mudelit analüüsid aga selgus, et seda on võimalik kinnitada ainult paneeli peale. See lahendus ei sobi eesmärgiga rõhuda moodsale disainile, kuna lüliti jääks koos kinnitusvahenditega valgusti pinnast väljapoole, jättes kohmaka mulje.

Uue otsinguga on keskendutud lüliti mõõtmetele ja seejärel tulemuste seast tootekirjelduste järgi valitud vajaliku kaitsega lüliti. Selline otsinguviis on vajalik, kuna mõned tootjad ei ole oma toodetele andnud standardile vastavat kaitseastet. Uus lüliti on NKK CW-T12AAS1 (Joonis 6.1.2), mis tootja kirjelduse järgi on tolmu eest kaitstud kontaktidega [16]. Lüliti paigaldatakse lükates läbi paneeli. Sobib paigaldamiseks 0,75...2,0 mm paksusega paneelidele.



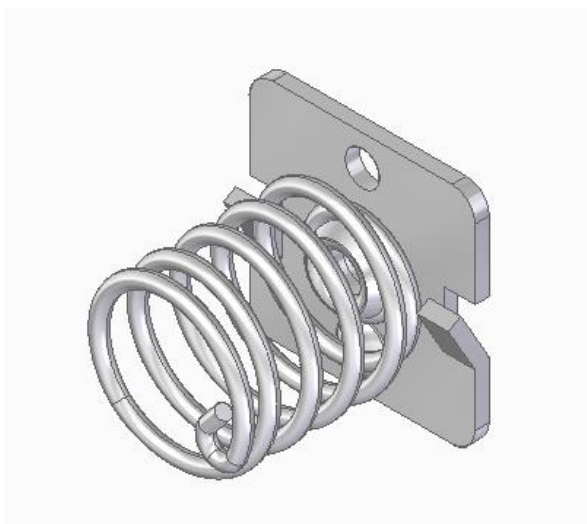
Joonis 6.1.2. Klahvlüliti Carling 1MS-SP1-R6/2-M1GE



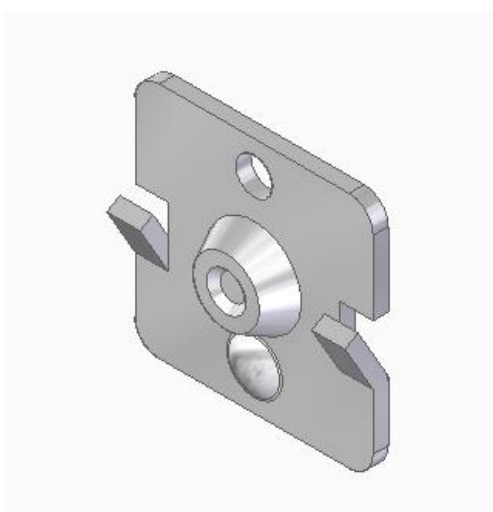
Joonis 6.1.2. Klahvlüliti NKK CW-T12AAS1

Klemmid

Klemmide valikul olid argumentideks sobivus AAA-patareidele ja sissepressitav paigaldusviis. Kuna vaba ruum on väga piiratud, on kõik patareid jaotud valgusti sisse erinevatesse kohtadesse ja seega on vajalik, et klemmid oleks võimalik joota juhtmete külge. Kuna erinevate tootjate klemmidel suuri erinevusi pole, on tme.eu tootekataloogist valitud nõudeid rahuldavad klemmid Keystone 5203 (Joonis 6.1.3.) negatiivse kontakti jaoks ja Keystone 5225 (Joonis 6.1.4.) positiivse kontakti jaoks [17].



Joonis 6.1.3. Keystone 5203 klemm.



Joonis 6.1.4. Keystone 5225 klemm.

Valgusti

Prototüübi puhul kasutati valgusallikana 3 W COB-LED-i , mis sobiva heleduse saavutamiseks oli dimmerdatud 12 Ω takistiga. Ilma takistita oli LED-i heledus 100000 cd/m², mis häiris tugevalt keevitusfiltri tööd. Takisti tõttu vähenes valgusti toitepinge ja sellest tulenevalt kaotas valgusti heleduse, saavutades olenevalt patareidest 46000...50000 cd/m² taseme. Takistit kasutades koormus patareidele ei vähenenud, kuna läbi takisti juhitud vooluhulk muutus valguse asemel vaid soojuseks. Suhteliselt ebaefektiivse dimmerdamise viisi tõttu on asendusvariandina võrdluseks võetud sama seeria 1 W COB-LED.

Uue LED-i otsingu puhul on eesmärgiks leida valgusti, mis pakuks samaväärset heledust prototüübiga, kuid ei vajaks selleks takistiga dimmerdamist, hoides kokku energiat ja seega teoreetiliselt pikendades valgusti tööaega.

Laia valgusvihu ja kompaktsuse tõttu on valitud Sumbulbs 60x8 mm 1 W COB-LED-i (Joonis 6.1.5). Sellise elemendi tööpinge on 3,6 V, seega minimaalselt on toimimiseks vajalik kasutada 3tk 1,5 V patareid[18].

Ühendades kasutatav LED jadaühenduses olevate AAA-patareidega, on LED-st 10 mm kauguselt mõõtes heleduseks 44000 cd/m². Prototüüpi katsetades selgus, et maksimaalne heledus, mis ei põhjusta häireid maski filtri töös on 50000 cd/m². Seega on valgustugevus sobiv. Võttes arvesse patareide mahtuvust, saab arvutada Peukerti seaduse järgi (6.1) teoreetilise tööaja [19].

$$t = \frac{Q_P}{I^k}, \quad (6.1)$$

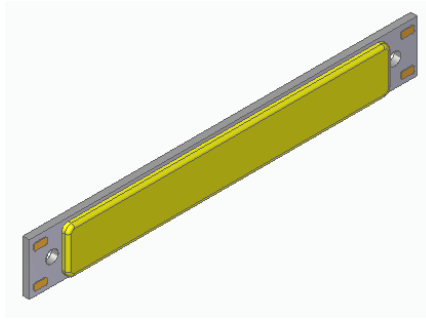
kus t – tööaeg, h,

Q_P – keemilise vooluallika mahtuvus, Ah,

I – tarbitav voolutugevus, A

k - konstant 1,3

$$t = \frac{0,5}{0,3^{1,3}} = 2,4 \text{ h}$$

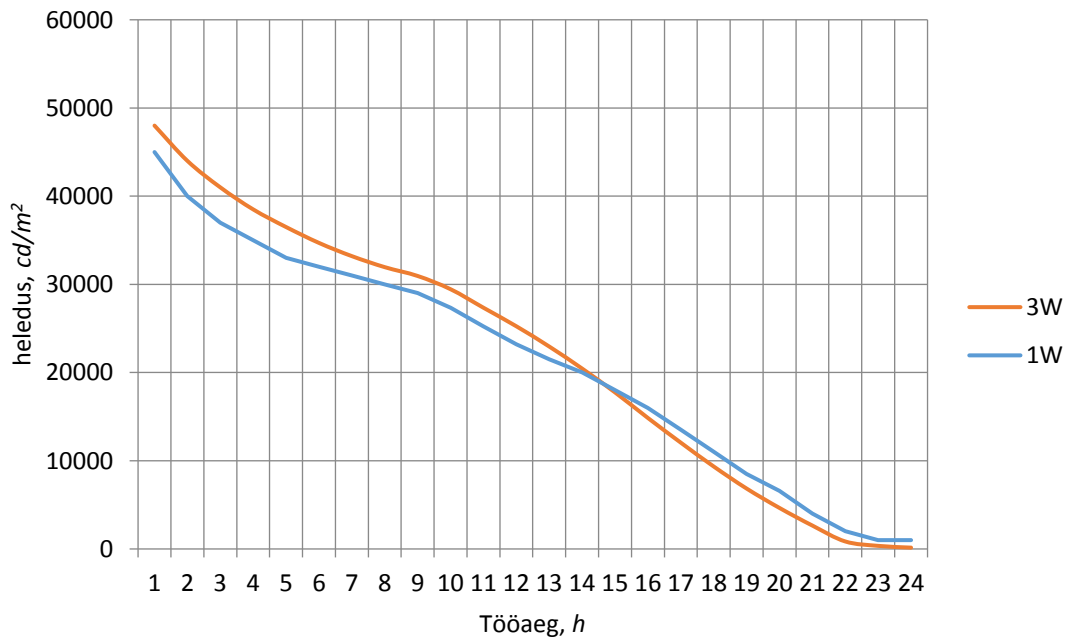


Joonis 6.1.5. 1W COB-LED

Võrdlemaks 1W ja 3W LED-ide reaalselt valgustugevust kindlaksmääratud perioodi jooksul, on läbi viidud järgnevatel tingimustel test:

- Patareid: 3tk Energizer MAX AAA
- Kasutusrežiim: 2 h sisselülitatud ja 1 h väljalülitatud tsükkel, mis kordub kuni saab täis 24 h sisselülitatud aega või valgusti enam valgust ei anna
- Mõõtesead: digitaalne valgusmõõdik Hagner EC1-L
- Mõõtmisagedus: iga 1 h sisselülitatud aja tagant

Mõõtetulemused on toodud graafiku kujul joonisel 6.1.6. Mõõtevärtused on toodud Lisas 1.



Joonis 6.1.6. 1W ja 3W COB-LED heleduse võrdlus

Möötetulemuste võrdlusel selgub, et vaatamata suuremale võimsusele ja dimmerdamiseset tulenevale lisatakistusele on 3 W LED esimesed 14 tundi suurema heledusega. Kuna ülesande püstituses on tööaja miinimumiks määratud 8 tundi ja 3 W LED on selle perioodi jooksul efektiivsem, jääb see ka lõpptootel kasutusse.

6.2 Tootmistehnoloogia valik

Et konstrueerida toodet, on tähtis teada ka selle tootmistehnoloogiat, kuna igal tootmistehnoloogial on kindlad piirangud valmistatavate detailide geomeetrialet. Siinkohal on ära toodud levinuimad viisid, kuidas valmistatakse plastist tooteid.

Plastist keerukate detailide tootmiseks on kõige levinum ja tootlikum viis plasti survevalu, kus kuum materjal juhatakse surve all vormi. Vormis plast jahtub, vorm avatakse ja valand tõugatakse välja [20].

Tabel 6.2.1 Plasti survevalu eelised ja puudused

Eelised:	Puudused:
<ul style="list-style-type: none"> • Kiire tsükliäeg • Tarnijate rohkuse tõttu konkurentsivõimeline hind • Mastaabisääst – rohkem tootes üksiku toote hind alaneb • Keerukate geomeetriaiga detailide tootmise võimalus 	<ul style="list-style-type: none"> • Esmäne suur investeering vormidesse • Keerukate vormide tootmine vajab mitmeosalisi vorme

Teiseks tänapäeval levinud viisiks on plasti 3D-printimine, mille käigus detail valmistatakse üksikude kihtide haaval sulamaterjali lisades. Printimine toimub otse digitaalsest mudelist ilma inimese sekkumiseta [21].

Tabel 6.2.2 Plasti 3D-printimise eelised ja puudused

Eelised:	Puudused:
<ul style="list-style-type: none"> • Puudub investeerimisvajadus vormidesse ja tööriistadesse • Võimalik valmistada sisuliselt piiramatul hulgal toote prototüüpe • Võimalik valmistada suure seinapaksuse varieeruvusega tooteid • Lihtne toota ka väga keerukaid detaile ja ka liikuvaid sõlmi 	<ul style="list-style-type: none"> • Seeriatootmiseks piisava kvaliteediga seadmete väga kallis hind • Pinnakvaliteet ja täpsus on piiratud • Väga pikk tsükliäeg

Kiire tsükliaja ja toote pinnakvaliteedi aspektidest lähtuvalt on tootmistehnoloogiaks valitud plasti survevalu.

Et võimalikult säästlikult toota ja samas hea kvaliteediga toodet saada, on vaja valumeetodil toodetavate detailide konstrueerimisel silmas pidada üldiseid nõudeid toote geomeetrialet. Selleks, et valuvormi saaks valmistada minimaalsete osadega – ideaaljuhul kaheosalisena – on vaja toode konstrueerida vastavalt, et sellel puuduksid peidetud nurgad ning vormi lahtuspindadega risti olevad pinnad oleks valukalletega.

Tagamaks vormi täieliku täitumise ja valandi hea kvaliteedi, on vaja jälgida, et puuduksid mittevajalikud järsud üleminekud ja detail oleks võimalikult ühtlase seinapaksusega. Erineva seinapaksusega piirkondade erinev plastifitseerumise kiirus võib põhjustada valandi pinnal kahanemisi ja deformeerida seda [20].

6.3 Materjali valik

Materjali valik on tehtud kolme levinuima termoplasti vahel, mille omadused oleks sobilikud plasti survevalu jaoks ja mis oleksid vastupidavad löökidele. Materjalide iseloomulikumad omadused on ära toodud tabelis 6.3.1. Termin LOI (ingl. k. *Limiting Oxygen Index*) näitab protsentuaalselt mitu protsenti hapnikku on miinimumkogus, et materjal säilitaks põlemise [22; 23]. Test on reglementeeritud standardiga ISO 4589 [24]. Mida kõrgem LOI, seda väiksema süttivusega on materjal. Siinkohal on see omadus välja toodud, kuna konstrueeritavat toodet kasutatakse keskkonnas, kus on võimalik lahtise leegiga ja hõõguvate osakestega kokkupuude. Seetõttu on oluline valida materjal, mis oleks võimalikult vastupidav isesüttimisele.

Tabel 6.3.1 Materjalide füüsikalised ja mehaanilised omadused [5].

Materjal	Tihedus, g/cm ³	Tõmbetugevus, MPa	Sitkus, J/m ²	LOI, %	Sulamaterjali temperatuur, °C
ABS	1,0...1,05	40...50	200...215	18,5	204...238
PP	0,9...0,91	28...36	50...145	17,6	200...300
HDPE	0,94...0,97	15	20...220	17,3	200...300

Kasutatavaks materjaliks on valitud ABS plast, peamiselt selle parema kaitsega isesüttivuse vastu, võrreldes teiste väga levinud termoplastidega – polüetüleeniga ja polüpropüleeniga. ABS-i tulekindluse tõstmiseks on võimalik sellele enne polümeriseerumist lisada spetsiaalseid lisaaineid. ABS on väga levinud plast, mida kasutatakse nii meditsiinis, autotööstuses kui elektroonikatööstuses. Suure sitkuse tõttu on see ka üks levinumaid plastisikukaitsevahendite, näiteks kiivrite, tootmisel.

6.4 Modelleerimine

Korpuse üldiseks seinapaksuseks on valitud 1,5 mm. See on valitud originaalse kaitseklaasi raami järgi, kuna keevitusmask ise on konstrueeritud selle seinapaksuse järgi. Suurem seinapaksus põhjustaks valgusti kehva või võimatu paigaldatavuse maskile. Väiksem seinapaksus võib põhjustada detaili suurema mahuga osade ebapiisavat täitumist survevalu protsessil. Lisaks nõuaks väiksem seinapaksus sobivuse säilitamiseks seinapaksuse suurendamist nendes alades, mis puutuvad keevitusmaskiga kokku.

Kuna tegu on soovitusliku seinapaksuse alumise piirmäära lähedase suurusega [26], on otstarbekas arvutada materjali kahanemine sellise ristlõike puhul. Valandi kahanemisprotsent ABS puhul on 0,7...1,6 %. Kuna täpne ABS tüüp pole teada, on ohutuse huvides valitud arvutusse suurim kahanemisprotsent. Kahanemisprotsent näitab valandi ja vormi vastavate mõõtmete erinevust valandi jahtumise ja kahanemise järgselt [27].

$$s = \frac{L_{\text{vorm}} - L_{\text{valand}}}{L_{\text{vorm}}} * 100\% \quad (6.4.1)$$

,kus: s – kahanemine, %;

L_{vorm} – vormi pesa mõõt, mm;

L_{valand} – valandi mõõt, mm.

Kui survealuvorm valmistada täpselt CAD-mudeli järgi 1,5 mm seinapaksuse jaoks, oleks valemi (6.4.1) teisenduse järgi jahtunud valandi seinapaksus järgmine:

$$L_{\text{valand}} = L_{\text{vorm}} - \left(\frac{s}{100\%} * L_{\text{vorm}}\right) \quad (6.4.2)$$

$$L_{\text{valand}} = 1,5 - (0,016 * 1,5)$$

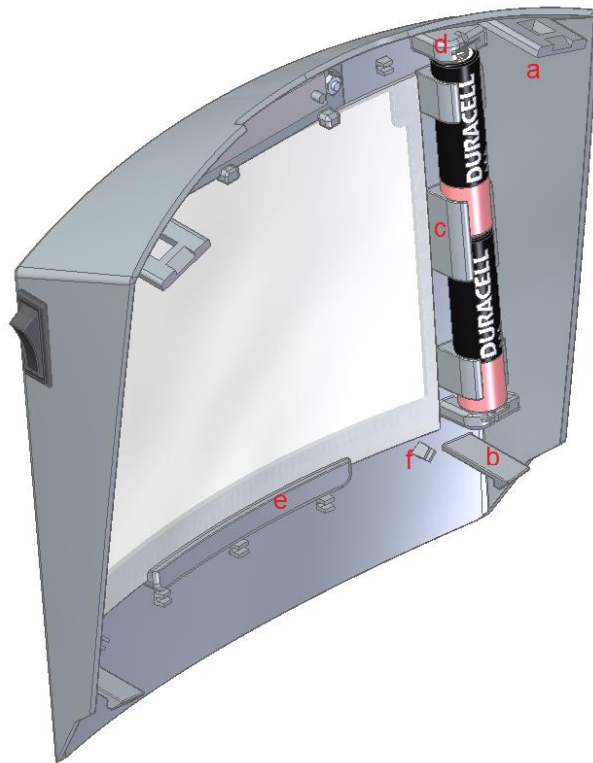
$$L_{\text{valand}} = 1,476 \text{ mm}$$

Detaili piirhävete klassiks on valitud DIN ISO 2768 -m, mis 0,5...3 mm joonpikkuste vahemikus sätestab hälbeks $\pm 0,1$ mm [28]. Kuna ka kõige suurema võimaliku kahanemisprotsendi juures on hälbeks -0,024 mm, saab pidada valitud seinapaksust ja materjali antud ülesande jaoks täiesti piisavaks.

Modelleerimine sai alguse sobiva kujuga välispinna loomisest. Optimaalse välispinna loomise järgselt on lisatud kinnitusdetailid (joonis 6.4.1 a ja b) valgusti paigaldamiseks maskile. Nende modelleerimisel on järgitud originaalse kaitseklaasi raami kinnituste kuju, kuna valgusti peab kinnituma samal viisil.

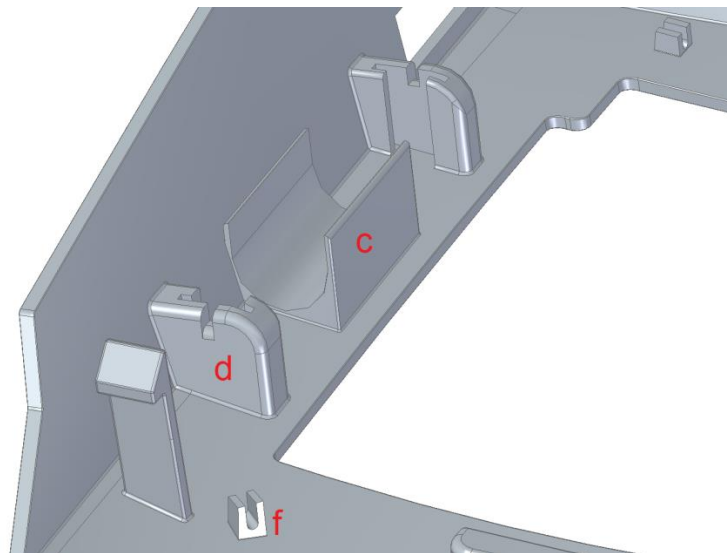
Seejärel on valitud sobiv vormide eralduspind, milleks on LED-i kinnitustasapind (joonis 6.4.3 d). Järgnevad detailid on konstrueeritud sellega paralleelsetesse tasapindadesse. Lahutuspinnaga risti olevad pinnad on tehtud 1° valukalletega, et lihtsustada valandi väljatõukamist vormist.

Patareide fikseerimiseks on loodud C-tähe kujulised kinnitused (joonis 6.4.1 c), mis hoiavad patareisid eksploatatsiooni käigus paigal ja samas võimaldavad lihtsat patareide vahetust. Kinnitused on konstrueeritud siseläbimõõduga 10,5 mm, kuna AAA patarei standardne läbimõõt on 10,5 mm. Kinnitus on konstrueeritud lõtkuta, et vähendada tõenäosust patareide lõtkumisele valgustis. Lisaks on kinnitusel patarei standarddiameetrist sissepoole pööratud servad, mille ülesandeks on patareide pinguga paigalhoidmine. Kuna painutatatud servad tekitavad enda alla negatiivsed nurgad, on survealatalaval mudelil need pööratud sirgeks (joonis 6.4.2 c). See väldib külgmatriitside kasutamise vajadust nende juures. Tagasipöörded saab lõpule viia koostamisel kohtkuumutamise ja painutamise teel.



Joonis 6.4.1 Valgusti koostu sisevaade:

a, b – kinnitusdetailid valgusti kinnitamiseks maskile, c – patareihoidik painutatud kujul, d – kontakti pesa, e – kaitseklaasi kinnitusdetail, f – juhtmekinnitus.

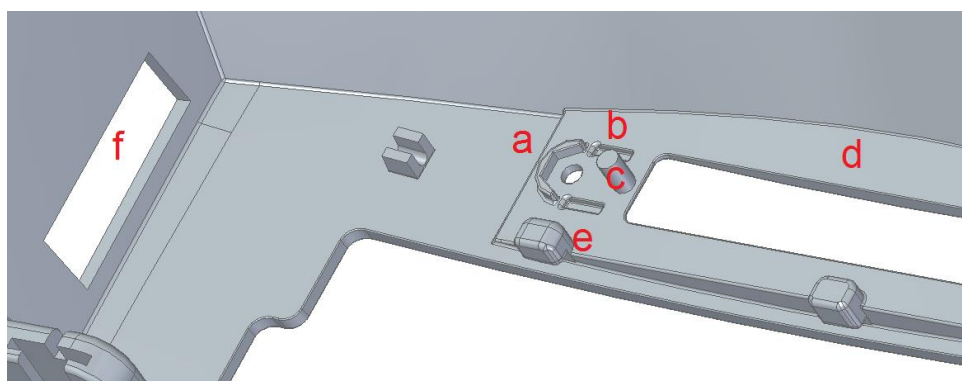


Joonis 6.4.2 Vooluallika ja juhtmete detailid:

c – patareihoidik painutamata kujul, d – kontakti pesa, f – juhtmekinnitus.

Kuna patareid ühendatakse juhtmetega, on korrektse konstruktsiooni huvides lisatud korpuse sisepinnale juhtmete marsruuti jäljendavad juhtmekinnitused (joonis 6.4.1 f, joonis 6.4.2 f), kuhu juhtmed koostamisel paigutatakse. Juhtmekinnitused on loodud silmas pidades 1,3 mm läbimõõduga juhtmeid, mis kinnituvad sinna 0,1 mm pinguga.

Patareide kontaktide jaoks on valgusti sisse loodud pesad (joonis 6.4.1 d, joonis 6.4.2 d), kuhu need pinguga sisse pressitakse. Enne paigaldamist peavad olema kontaktide külge juhtmed joodetud. Juhtmete väljatoomiseks on pesade tagaküljele tekitatud lõhik.



Joonis 6.4.3 Valgusti korpuse detailid:

a – LED-i kaitseklaasi mutri tugi, b – süvendid LED-i juhtmete väljatoomiseks, c – LED-i kinnitusdetail, d – LED-i kinnitustasapind, e – kaitseklaasi kinnitusdetail f – lüliti ava.

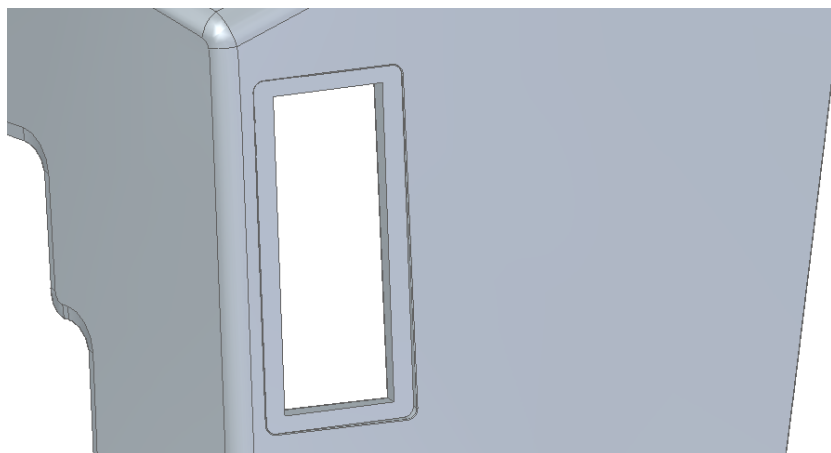
LED-i paigaldamiseks on korpusele konstrueeritud pulgad (joonis 6.4.3 c), mis koostamisel kuumutatakse ja laiali pressitakse, neetides nõnda LED-i paigale.

Kuna kasutatava LED-i elektrilised kontaktid asuvad selle esipinnal, on valgusti korpusesse tekitatud süvendid (joonis 6.4.3 b) LED-i juhtmete väljatoomiseks. LED-i valgust emitteeriva osa mõõte arvestades on korpuse esipinnale konstrueeritud 50 mm laiune ja 7mm kõrgune ava.

Keevitusmaski kaitseklaasi fikseerimiseks on kasutusel detailid (joonis 6.4.1 e, joonis 6.4.3 e), kuhu vahele paigaldatakse klaas mõõduka painutamise tulemusena. Sarnast lahendust on kasutatud ka originaalse kaitseklaasi hoidiku puhul. Alumise serva kinnitus on tehtud laiemana, kuna seal on valgusti korpuse raadius väiksem ja nii on võimalik klaas esmalt sinna paigaldada ning seejärel ülevalt servast painutades paigaldada ülemiste kinnituste vahele.

Lüliti paigaldamiseks on korpuse ühel küljel 6,8x19,2 mm ava (joonis 6.4.3 f). Kuna korpuse välispind ei ole tasapinnaline, on lüliti ava ümber tehtud süvis (joonis 6.4.4), et tagada lüliti

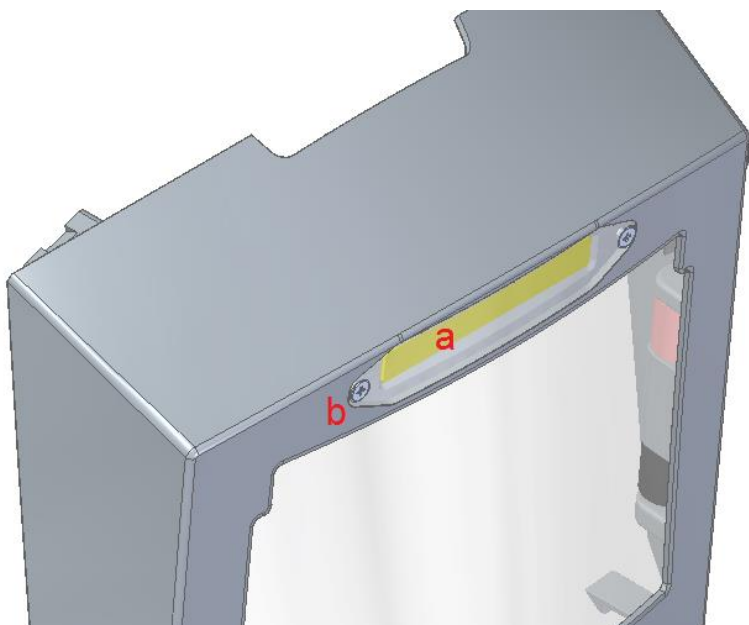
paigalduspinna tasapinnalisus. Sel viisil on välistatud võimalus, et lüliti jääks oma asendis kõikumata või jääks muul viisil ebakorrapärasesse asendisse.



Joonis 6.4.4 Lüliti paigaldustasapind

Kirjeldatud süvise valmistamiseks on vaja kasutada külgmatriitse.

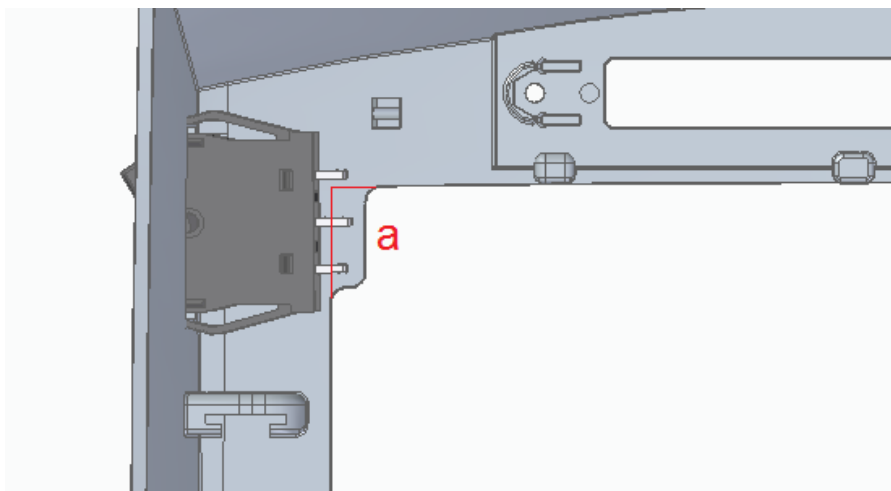
Tagamaks LED-i pikaelalisus, on see tolmu ja pritsmete eest kaitstud kaitseklaasiga (joonis 6.4.5 a). Kaitseklaas on valmistatud 1,5 mm polükarbonaadist ning kinnitub peitpea M2 poltidega (joonis 6.4.5 b), et seda oleks vajadusel lihtne eemaldada ja vahetada.



Joonis 6.4.5 LED-i kaitseklaas

a – LED-i kaitseklaas, b – kaitseklaasi kinnituspolt

Selleks, et LED-i kaitseklaasi saaks üks inimene vahetada kasutades selleks vaid kruvikeerajat, on korpuse sisepinnale tekitatud toed (joonis 6.4.3 a), mis ei lase mutril koha peal pöörelda. Mudeli loomisel selgus, et valitud lüliti klemmid ulatuvad mõnevõrra sissepoole korpuse vaateava servast(joonis 6.4.6 a). Et säiliks n-ö puhas disain, tuleb valgusti korpus luua selliselt, et ükski sisekomponent pärast valgusti maskile paigaldamist välja ei paistaks. Seetõttu on vaateava ülemisse nurka lisatud 3,5*10 mm lisasektsioon. Et säilitada sümmeetria, on varjav sektsioon lisatud mõlemasse ülemisse nurka(LISA 3). Lisasektsioonid jäävad eestvaates maski valgusfiltri valgusandurite ja päikesepatarei piirkonda, ega vähenda mingil määral maski kasutatavust.

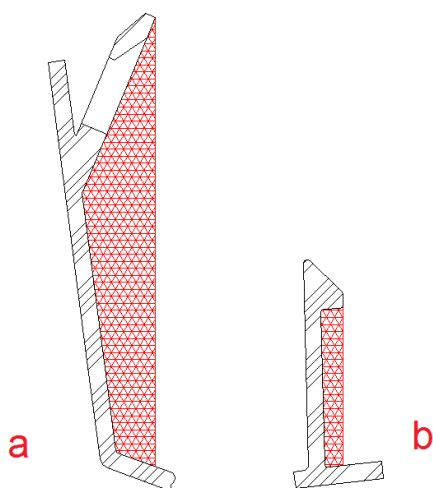


Joonis 6.4.6 Lüliti asend vaateava suhtes.

a – vaateava kontuur ilma muudatuseta (märgitud punasega).

Mudeli analüüs

Mudelit uurides selgub, et sellel on neli elementi peidetud nurkadega, mis nõuavad soovitud tulemuse saavutamiseks erilahendusi. Suurimad sellised alad tekivad valgusti korpuse kinnituste alla (joonis 6.4.6). Kuna need kinnitused on konstrueeritud järgides originaalse raami disaini, et tagada parim sobivus keevitusmaskiga, ei saa neid ka muul viisil lahendada. Nende lähedal asuva vaba pinna tõttu on võimalik seal kasutada eraldiseisvaid külgmatriitse. Külgmatriitside kasutamine küll suurendab vormi valmistamise kulukust, aga samas tagab ka funktsionaalse toote valmimise.



Joonis 6.4.6 Negatiivsed peidetud nurgad:

a – korpuse ülemine kinnitus, b – korpuse alumine kinnitus

Väiksemad negatiivsed nurgad jäävad kaitseklaasi kinnituste ja korpuse sisepinna vahele:



Joonis 6.4.7 Negatiivsed peidetud nurgad:

c – kaitseklaasi ülemine kinnitus, d – kaitseklaasi alumine kinnitus

Need on vajalikud kaitseklaasi omale kohale fikseerimiseks ja neid pole võimalik konstrueerida sellisel viisil, kus negatiivsed nurgad sootuks puuduks. Kuna nende elementide läheduses asub vaateava, annab see piisavalt ruumi, et seal kasutada nurga all liigutatavaid külgmatriitse.

7 MAJANDUSLIK ARVUTUS

Majanduslik osa on koostatud arvestusega toota esimene 1000-osaline proovipartii. Kõige suurema osa esialgselt investeeringust moodustab survealuvormide valmistamine. Ühe valgusti tootmiseks kuluvate komponentide maksumuse kokkuvõte on toodud tabelis 7.1.

Tabel 7.1. Ostutoodete hinnad

Osa	Nimetus	Märkus	Arv	Hind	Kokku
1	Positiivne kontakt	Keystone 5225	2	0,069	0,138
2	Negatiivne kontakt	Keystone 5203	2	0,325	0,65
3	Lüliti	NKK CWT12AAS1	1	1,52	1,52
4	LED	Sumbulbs 60x8 3W	1	0,83	0,83
5	LED-i kaitseklaas	Makrolon + lõikamine	1	0,1	0,1
6	Kaitseklaas	Polükarbonaat	1	0,5	0,5
7	Polt	M2x5 ISO 7046-2	2	0,017	0,034
8	Mutter	M2 DIN934	2	0,02	0,04
9	Juhe	26 AWG 1,4mm ²	0,03	0,2	0,006
10	Korpus	1tk valmistamise hind	1	0,73	0,73
				KOKKU	4,5 €
				1000tk KOKKU	4548 €

Korpuse valmistamise hind on orienteeruv pakkumine, mis on võetud 3dhubs.com *online*-kalkulaatorist. Kalkulaatori sisendiks on detaili STP-formaadis joonis. Lisaks tuleb valida partii suurus ja materjal [29].

Kalkulaatori välja arvatud vormi maksumus etteantud parameetrite järgi on 8120,25€.

Valgusti komplekteerimise maksumuse arvutus (7.2) on proovipartii puhul tehtud arvestusega, et ühe valgusti komplekteerimine võtab töölisel aega 20 min, kuna kõik toimub käsitööna ja seeriatootmiseks vajalikke rakiseid ja abinõusid ei ole valmistatud. Palgafondi suurus on tehtud arvestusega, et komplekteerijana töötab üks tootmistööline netopalgaga 815€, mis teeb ühe kuu palgafondiks 1240,5€ [30]. Arvestades kuu keskmiseks tööpäevade arvuks 20 ja päevaseks töötundide arvuks 8, saab arvutada tööandja kulu ühe töötunni kohta:

$$\frac{1240,5}{20 \cdot 8} = 7,75\text{€} \quad (7.1)$$

Teades kulu ühe töötunni kohta, saab leida kulu ühe valgusti tootmiseks:

$$\text{Kulu}_{\text{tk}} = t_{\text{valm}} * \text{palk}_h \quad (7.2)$$

$$\text{Kulu}_{\text{tk}} = (1/3) * 7,75 = 2,58\text{€}$$

Arvestamata kulutust survevaluvormile, kujuneb tüki omahinnaks $2,58 + 4,55 = 7,13\text{€}$.

Võttes arvesse survevaluvormi maksumust, kujuneb esimese 1000-osalise partii puhul tüki omahinnaks:

$$7,13 + (8120,25/1000) = 15,25\text{€} \quad (7.3)$$

Kõik summad on arvestatud koos tulumaksuga.

Tegemist on vaid orienteeruva omahinnaga, mis ei arvesta kõrvalisi kulusid, näiteks kulusid reklaamile, turustamisele, kinnisvarale.

Määraates juurdehindluse protsendiks 150 %, saab toote müügihinnaks 38,1€. Summa jääb samasse suurusjärku konkureerivate sarnaste toodetega, seega toode ei satu müügihinna tõttu ebasoodsasse olukorda võrreldes konkurentidega.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärk oli kirjeldada keevitusmaskile kinnituva valgusti konstrueerimist. Esmalt oli vaja püstitada ülesanne, kus oleks kirjeldatud konstruktsioonile esitatavad nõuded, piirangud ja soovid:

- valgusti peab sobituma Telwin Tribe keevitusmaskile
- peab olema väikeste tootmiskuludega
- sobivus professionaalsesse töökeskkonda
- keevitusmaski kasutatavus peab säilima täiel määral
- minimaalne tööaeg 8 tundi

Järgnevalt analüüsiiti õppeaines Kiirprototüüpimise projekt loodud valgusti prototüüpi. Analüüsis toodi välja vajadus muuta valgustit oluliselt kompaktsemaks ja kasutada vaid üht valgustugevust.

Selgitamaks välja konkurentide tugevad ja nõrgad küljed, viidi läbi turu-uuring, kus võrreldi 4 sarnase või sama eesmärgiga valgustit. Uuringust selgus, et kõik turul pakutavad tooted olid kas liiga kohmaka disainiga või liialt nõrga/piiratud valgusega.

Uue lahenduse väljatöötamise esimeseks sammuks oli morfoloogilise maatriksi koostamine, mille põhjal loodi 3 erinevat lahenduse varianti, millest valiti välja üks. Valiti maskiga integreeritav lahendus, kus valgusti asendab keevitusmaski kaitseklaasi hoidikut. Toiteallikana kasutatakse AAA patareisid ja valgusallikana COB-LED-i. Lülitamine toimub kompaktses klahvlülitiga.

Valitud lahenduse uudsust kontrolliti patendiotsinguga. Selle tulemusena leiti üks sarnase lahenduse patent, mis siiski ei olnud maskiga integreeritav ega sama valgustuse lahendusega.

Mudeli konstrueerimist alustati sobilike omadustega ostutoodete valimisest. Valgusallika valimiseks viidi läbi katsetus erineva võimsusega LED-ide tööaja ja heleduse vahelise suhte leidmiseks.

Enne lõpliku mudeli konstrueerimist oli vajalik valida ka valgusti korpuse valmistamiseks kasutatav tehnoloogia, milleks erinevate viiside võrdluse järel valiti plasti survevalu. Materjaliks valiti erinevate materjalide võrdluse järel ABS.

Modelleerimisel võeti arvesse valmistamise tehnoloogiast tulenevaid piiranguid ja nõudeid.

Viimasena tehti toote majanduslik arvestus, kus selgus ligikaudne omahind ja võimalik müügihind.

Edasise arendusena näeb autor võimalust konstrueerida sama lahendusega valgusteid ka teistele keevitusmaskidele.

Autori arvates on töö õnnestunud, kuna vastab ülesande püstituses etteantud nõuetele.

SUMMARY

The purpose of this thesis was to describe the construction of an integrable light for welding helmet. First it was necessary to set up a task describing the requirements, constraints and wishes for the construction:

- The light must fit on the Telwin Tribe welding mask
- Have a low production cost
- Suitability for a professional work environment
- The usability of the welding mask must be fully maintained
- Minimum 8 hours run-time

The prototype of the light created in the subject Rapid Prototyping Project was subsequently analyzed. The analysis highlighted the need to make the light significantly more compact and use only one luminous intensity.

In order to identify the strengths and weaknesses of competitors, a market study was carried out comparing 4 lights with same or similar purposes. The survey showed that all products on the market were either too cumbersome in design or with too weak / limited light.

The first step in developing a new solution was to create a morphological matrix, on the basis of which three different solution variants were created from which one was selected. A mask-integrated solution was chosen where the light replaces the welding splatter shield holder on the welding mask. Powered by AAA batteries and a COB LED as a light source. Switching is done with a compact rocker switch.

The novelty of the chosen solution was checked by a patent search. As a result, one patent for a similar solution was found, which however was neither mask-integrated nor with the same lighting solution.

The design of the model was started with the selection of purchase products with suitable properties. To select the light source, a test was performed to find the relationship between the working time and brightness of LEDs of different power.

Before designing the final model, it was also necessary to select the technology used to make the lights housing, for which plastic injection molding was chosen after comparing different options. The material was selected to be ABS after comparing it with different materials.

Modelling took into account the constraints and requirements of the manufacturing technology.

Finally, the cost calculations of the product were made, where the approximate net cost and possible selling price were calculated.

As a further development, the author sees the possibility of constructing lights with the same solution for other welding masks.

In the author's opinion, the work has been successful because it meets all the set goals.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Functionality of an auto darkening filter. [WWW]
<https://www.optrel.com/en/technologie/blendschutzkassette-adf/funktionsweise-einer-blendschutzkassette-eines-auto-darkening-filters/>(25.05.2018)
2. EN175 standard. [WWW]
<http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/oms/2009/03/om200903app3.pdf>
(25.05.2018)
3. ANSI Z87.1 standard. [WWW]
<https://webstore.ansi.org/Standards/ISEA/ANSIIEAZ872015>(25.05.2018)
4. Telwin Tribe. [WWW]
<https://www.telwin.com/en/prodotti/?id=802837>(25.05.2018)
5. Deca WM31. [WWW] <https://www.decaweld.com/en/welding-equipment/welding-equipment-accessories/welding-mask/wm-31.2.54.110.gp.20236.uw>(25.05.2018)
6. Patron HM002. [WWW] <https://www.ikh.fi/en/welding-mask-autom--darkening-9---13-hm002>(25.05.2018)
7. Autodim XA1010. [WWW] <https://www.rohrman.de/nl/xa-1010-pro>(25.05.2018)
8. Miller Welding Helmet Lighting Kit. [WWW]
<https://www.millerwelds.com/accessories/helmet-accessories/helmet-lighting/helmet-lighting-accessory-kit-282013>(25.05.2018)
9. Steck MIG-light. [WWW] https://steckmfg.com/product/23240_mig-light/(25.05.2018)
10. Esab Easy Lite. [WWW] <http://weldsafelimited.co.uk/esab-easy-lite>(25.05.2018)
11. Wrightlite Welding LED Flashlight. [WWW] <https://www.amazon.com/Welding-LED-Flashlight-by-WrightLite/dp/B076G5Y3PX>(25.05.2018)
12. Erinevad tehnoloogiad valgusdiiodide tootmisel. [WWW] <https://valgus.ee/wp-content/uploads/2013/04/COB-LED.pdf>(25.05.2018)
13. Patent WO2017018919A1. [WWW]
<https://patents.google.com/patent/WO2017018919A1/en>(25.05.2018)
14. EN60529 standard. [WWW]
<http://www.uni-valve.com/files/pdf/teknik/ip.pdf>(25.05.2018)
15. Carling 1MS. [WWW]
<https://www.carlingtech.com/sites/default/files/documents/Carling-MRS-1M-Series.pdf>(25.05.2018)
16. NKK Series CW switches. [WWW]

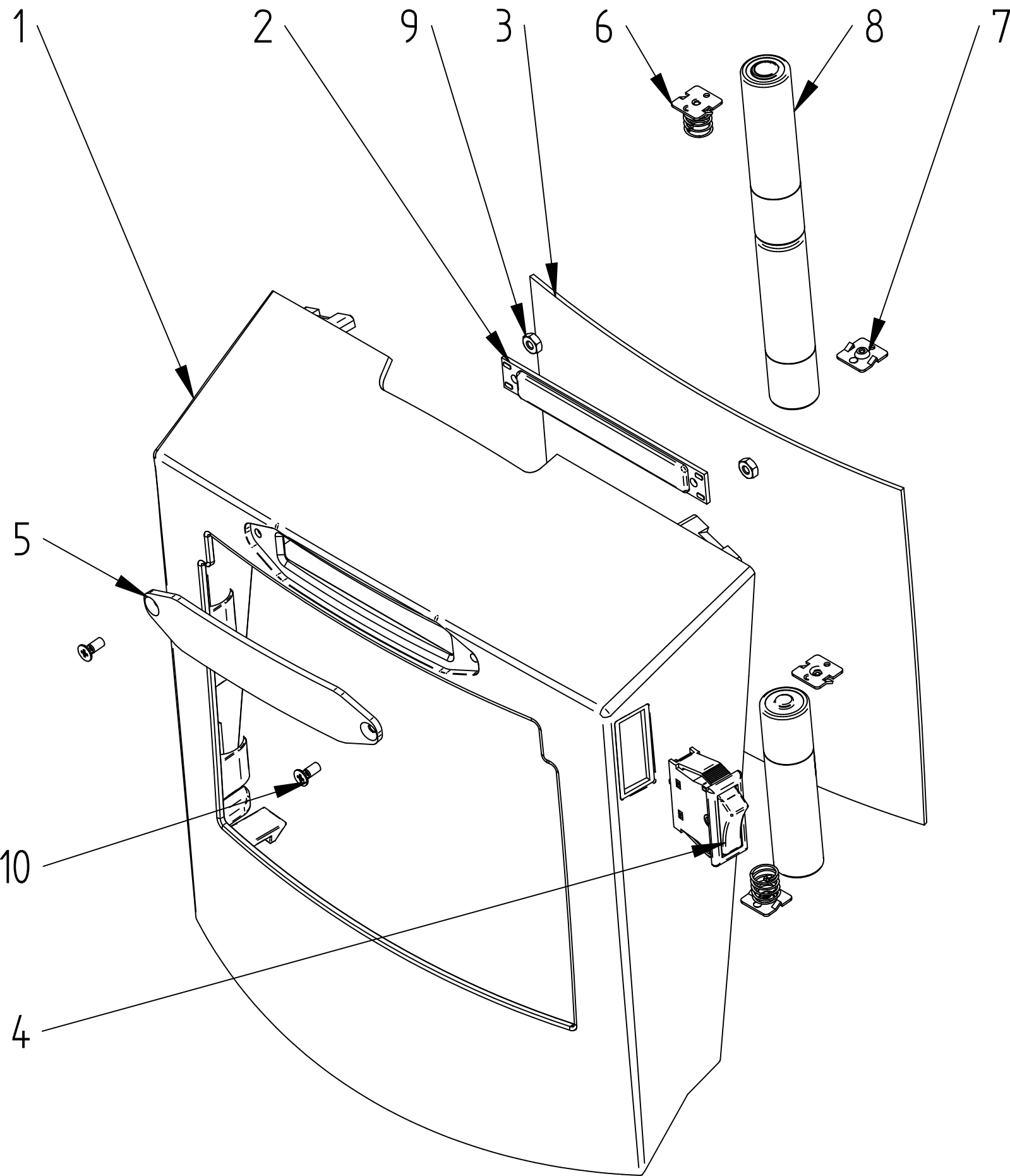
- <https://www.nkkswitches.com/pdf/CWS-2.pdf>(25.05.2018)
17. Keystone contacts. [WWW] <https://www.keystone-europe.com/wp-content/uploads/2017/07/battery-clips-contacts-holders.pdf>(25.05.2018)
 18. Sumbulbs 3W COB-LED. [WWW] <https://www.aliexpress.com/item/60-8mm-high-bright-COB-strip-LED-light-source-6008-chip-on-board-DIY-car-work/32719688740.html>(25.05.2018)
 19. Peukert's law. [WWW] https://www.researchgate.net/publication/230823728_Peukert's_Law_of_a_Lead-Acid_Battery_Simulated_by_a_Mathematical_Model(25.05.2018)
 20. Injection moulding. [WWW] <https://www.3dhubs.com/guides/injection-molding/>(25.05.2018)
 21. 3D printing. [WWW] <https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>(25.05.2018)
 22. Limiting Oxygen Index. [WWW] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/limiting-oxygen-index>(25.05.2018)
 23. LOI values. [WWW] <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/fire-resistance-loi#values>(25.05.2018)
 24. ISO 4589 standard. [WWW] <https://www.iso.org/standard/60786.html>(25.05.2018)
 25. Polymer properties. [WWW] <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties>(25.05.2018)
 26. How to design parts for injection moulding. [WWW] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/how-design-parts-injection-molding>(25.05.2018)
 27. G. Menges, P. Mohren, How to Make Injection Molds. Second Edition, Munich: Hanser, 1993.
 28. ISO 2768 standard. [WWW] https://www.dau-components.co.uk/doc/General_Tolerances_-DIN_-ISO_-2768.pdf(25.05.2018)
 29. 3D Hubs quote. [WWW] <https://www.3dhubs.com/manufacture/>(25.05.2018)
 30. Tootmistöölise palk. [WWW] <https://www.palgad.ee/salaryinfo/tootmine/tooline>(25.05.2018)

LISAD

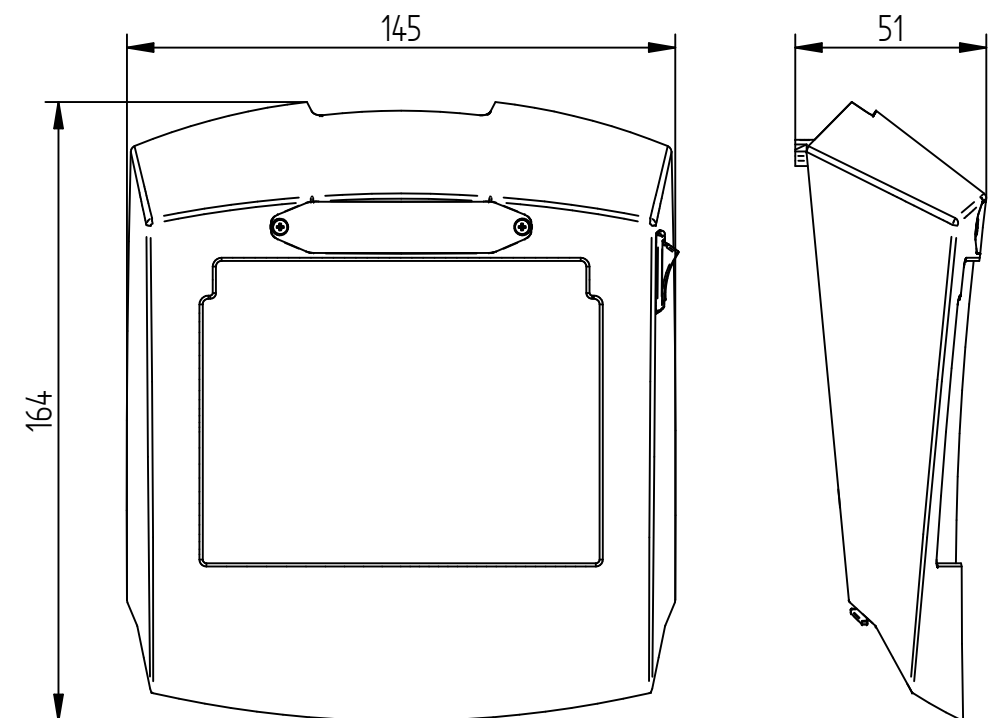
LISA 1 Heleduse mõõtmise tulemused

Tabel L 1.1 Heleduse mõõtmise tulemused

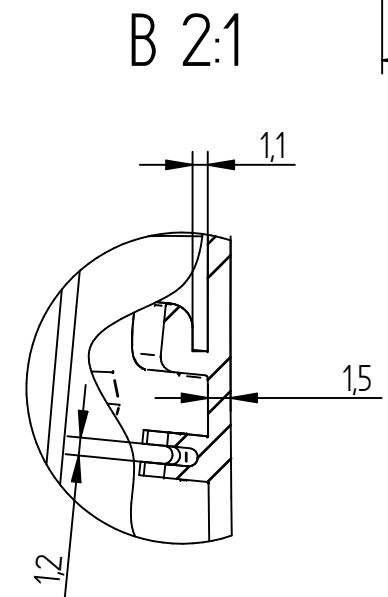
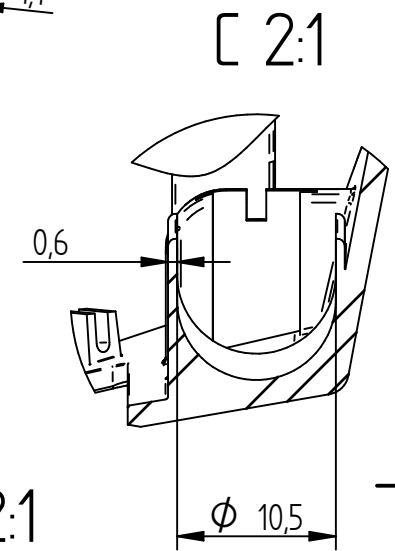
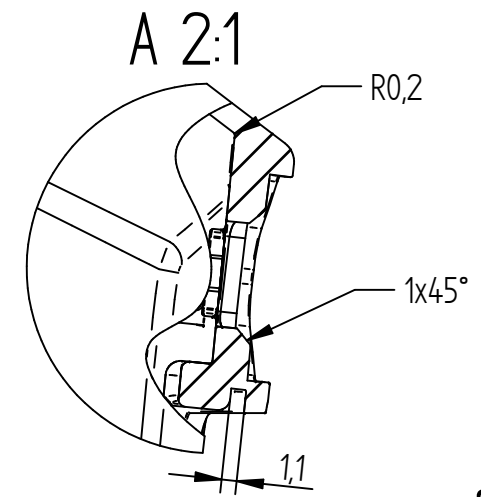
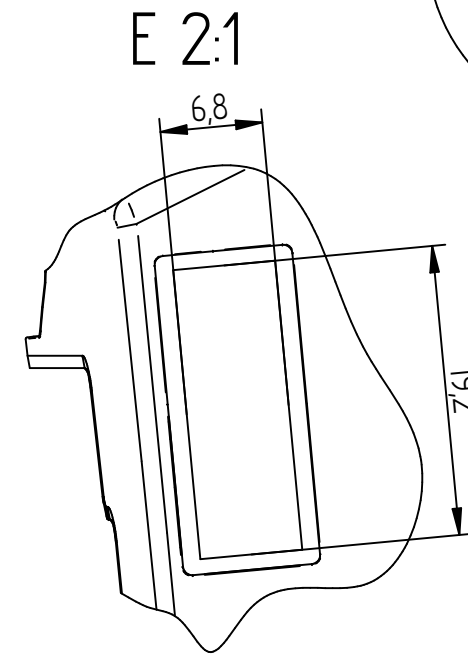
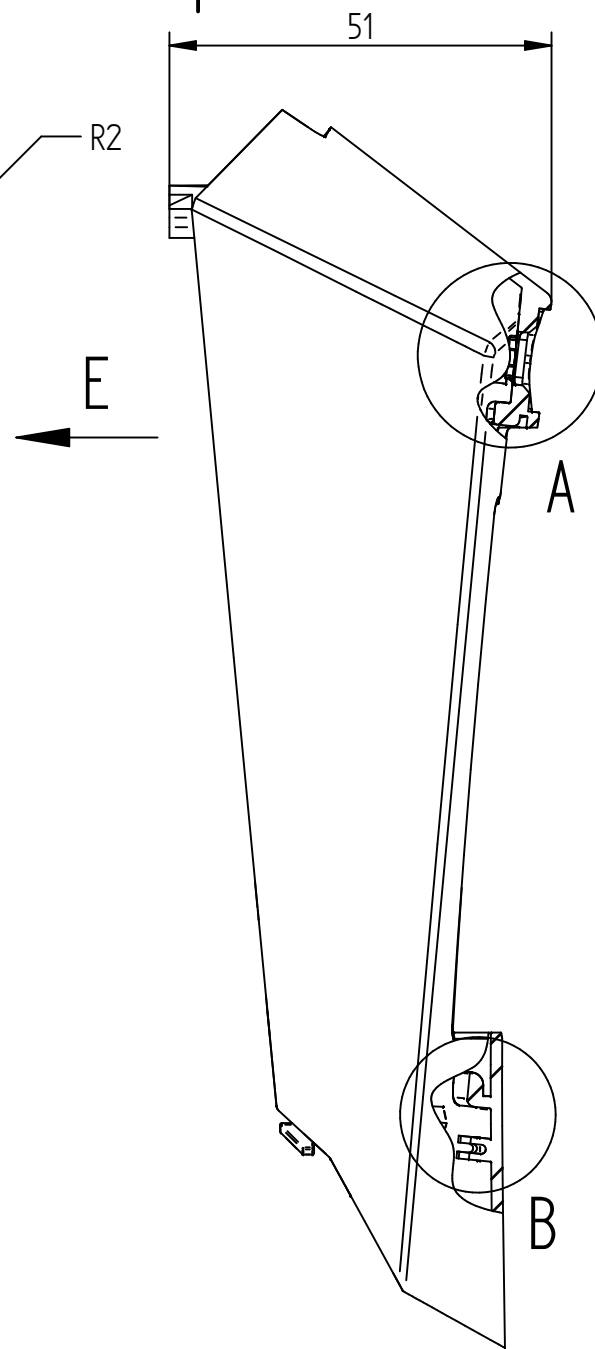
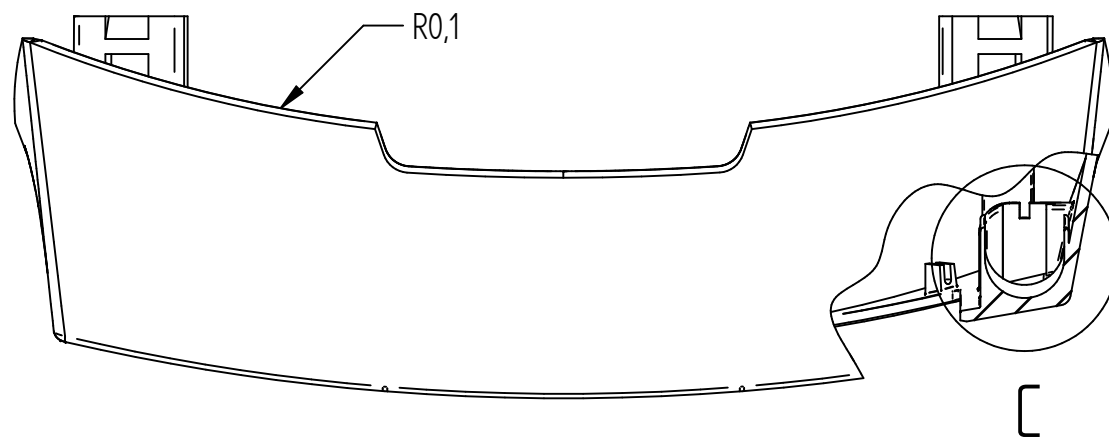
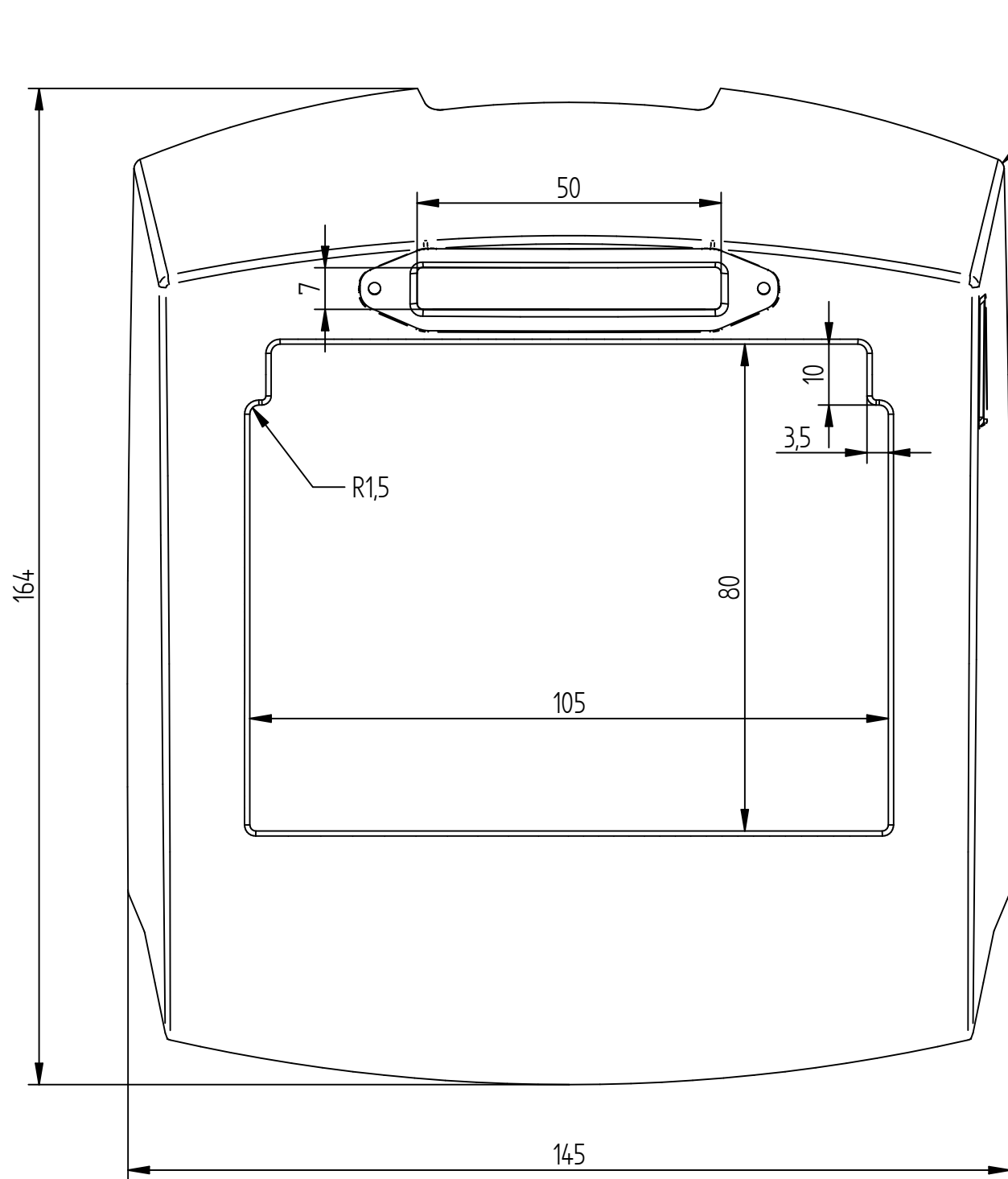
h	3W	1W
1	48000	45000
2	44000	40000
3	41000	37000
4	38500	35000
5	36500	33000
6	34700	32000
7	33200	31000
8	31950	30000
9	30950	29000
10	29450	27350
11	27350	25250
12	25250	23200
13	22950	21500
14	20450	20000
15	17750	18000
16	14850	16000
17	12050	13500
18	9350	11000
19	6850	8500
20	4650	6600
21	2650	4000
22	850	2000
23	350	1000
24	150	1000



Koost (1:2)



Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
1		Valgusti korpus	CAD 00.01	1	
2		LED	Sumbulbs 3W COB-LED	1	
3		Kaitseklaas	60x110mm	1	
4		Lüliti	NKK CWT12AAS1	1	
5		LED-i kaitseklaas	CAD 00.02	1	
6		Negatiivne klemm	Keystone 5203	2	
7		Positiivne klemm	Keystone 5225	2	
8		Patarei	AAA	3	
9		Mutter M2	DIN 934	2	
10		Polt M2x5	ISO 7046-2	2	
		TALTECH INSENERITEADUSKOND	Magistritöö		
Koostaja:	Priit Mikker	<h2>Valgusti koost</h2>			Mootkava: 1:1
Juhendaja:	Martin Eerme				Formaat: A3
Mehaanika ja tööstustehnika instituut		Leht/Lehti: 1/2	Keevitusmaskiga integreeritav valgusti		Faili nimi:



1. $\sqrt{Ra 3,2}$ (\checkmark)

2. Märkimata ümarusraadiused 0,3mm

3. Märkimata piirhälbed vastavalt ISO 2768-m

TALTECH	TALTECH INSENERITEADUSKOND	Magistritöö	
Koostaja:	Priit Mikker	<h1>Valgusti korpus</h1>	Mootkava: 1:1
Juhendaja:	Martin Eerme		Formaat: A3
Mehaanika ja tööstustehnika instituut		Leht/Lehti: 2/2	Faili nimi: Keevitusmaskiga integreeritav valgusti