

Kõrgem Kunstikool Pallas
Tekstiiliosakond

Funktsiooniga tekstiilid.
Valgustehnoloogia ja moedisaini ühendamine ülerõivaste näitel

Lõputöö

Marge Allik
Juhendaja: Kristi Kuusk PhD

Tartu 2022

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. LIIKLUSOHUTUS	5
2. FUNKTSIOONIGA TEKSTIILID	7
2.1 Ülevaade valgustehnoloogia ja tekstiilide integreerimise kujunemisest.	7
2.2 Ülevaade rõivastega integreerimist võimaldavatest valgustehnoloogiast.	9
2.3 Valgustehnoloogia integreerimise probleemkohad.....	13
3. DISAINIPROTSESS	15
3.1 Materjalide valik.....	15
3.2 Valgustehnoloogia integreerimise viisid	19
3.2.1 Katse nr 1. Valgustehnoloogi integreerimine tunnelisse.....	19
3.2.2 Katse nr 2. Valgustehnoloogia integreerimine rõivapinda läbi õõside	21
3.2.3 Katse nr. 3. Valgustehnoloogia integreerimine kanga pinnale	24
3.2.4 Katse nr 4. Valgustehnoloogia integreerimine koos laserlõikusega	27
3.2.5 Katse nr 5. Valgustraadi integreerimine punutise kaudu.	30
3.3 Ülerõiva valmistamise protsess.....	32
4. DISAINIPROTSESSIS LÄBIVIIDUD KATSETE JÄRELDUSED	40
KOKKUVÕTE	42
SUMMARY	44
KASUTATUD KIRJANDUS.....	47
Lisa 1	49
Lisa 2	50
Lisa 3	51
Lisa 4	53
Lisa 5	55
Lisa 6	57

SISSEJUHATUS

Eesti kliimas, kus enam kui pool aastast on aktiivne liikumise aeg pimedas, tuleb pidevalt hoolitseda oma nähtaval oleku eest. Helkuritega valgustatud liiklejat on võimalik märgata alles siis, kui helkurid on otse valgustatud, aga siis võib olla juba hilja. Tuleb ette olukordi, kus see passiivne kaitse on ebapiisav – näiteks halbade ilmastikutingimuste korral ning hämaruse ja koidu ajal. Üha suurenevaks probleemiks on kujunemas jalakäijate alas liikleivate kergliiklusvahendite, nagu jalgrataste ja tõukerataste arvukuse suurenemine ja kiiruste kasvamine. See tekitab vajaduse sealses alas liiklejad üksteisele nähtavamaks muuta.

Minu töö eesmärgiks on lisada ülerõivale valgustusfunktsioon, et parandada ohutut liiklemist. Sellise ülerõiva kandja on liikluses paremini märgatav. Liiklusseaduse kohaselt on liiklejal kohustus teha ennast liikluses nähtavaks. Ülerõivasse aruka disainiga integreeritud valgustus lubab vastavalt ilmastikule igal ajal ja kohas oma ohutust mugavalt tõsta. Uurimuse eesmärgiks on leida sobiv valgustehnoloogia ja selle integreerimise viis esteetilise ja praktilise tekstiilist ülerõiva valmistamiseks. Seejuures arvestan ka väiketootja võimekust ning mõistlikku kulubaasi, et antud tööle oleks reaalne kasutatav tulem. Uurin oma töös millise valgustehnoloogia kasutamine on meie laiuskraadi ülerõivastes otstarbekas, arvestades nii funktsionaalsust kui rõivahooldust. Kuidas on esteetiliselt lõpptulemust silmas pidades seda tehnoloogiat võimalik integreerida rõivastega nii, et tehnoloogia või rõiva eluea lõppedes, oleks neid võimalik üksteisest ka lahutada ja/või asendada.

Vajadus sellise toote järgi tuleneb minu isiklikust kogemusest nii jalakäija kui autojuhina. Liiga tihti tuleb ette olukordi, kui märkan liiklejat viimasel hetkel või üldse mitte ja õnnetuse hoiab ära vaid juhus. Samas näitavad Transpordiameti poolt iga-aastaselt läbi viidavad uuringud, et ka ühiskond ootab uut lahendust helkurite kõrvale ning tasku-, pealambi või telefoni lambi kasutamise asemele.¹

Tulevikus muutuvad funktsionaalsed rõivad aina olulisemaks, nii materjali puuduse, kui targa tarbimise poolest (üks ese, mitmekülgne kasutus). Inimene vajab rõivaid kehakattena igal juhul. Sellisena on see otstarbekas aluspind millesse integreerida kehale kasulikke ja vajalikke funktsioone. Oma töö esimeses peatükis peatun liiklusohutusega seotud teemal. Teises peatükis vaatlen valgustehnoloogia ja tekstiili ühendamise probleeme nii laiemast

¹ EV Transpordiamet. *Uuring. Liiklemine pimedal ajal, liikluskasvatus, tee ületamine.12/2021*. [WWW] Allikas: Transpordiamet: <https://transpordiamet.ee/uuringud#liiklusohutus>. (21. 03 2022)

aspektist kui ülerõivale seatavate tingimuste valguses. Tutvustan lähemalt tekstiili ja valgustehnoloogia arengut nende integreerimise aspektist. Selgitan erinevate valgustehnoloogiate olemust ning ajalugu. Töö praktilist osa käsitlevas kolmandas peatükis teen põhjendatud valikud kasutatavate materjalide osas. Katsetan läbi valgustehnoloogia ja tekstiili integreerimise 5 erinevat meetodit, et leida sobivad ja optimaalsed disainilahendused valgustehnoloogia integreerimiseks seatud tingimustel. Neljandas peatükis teen kokkuvõtte ja järeldused läbi viidud disainiprotsessi osas.

Uurimistöö tulemusel valmib valgustehnoloogia ja ülerõivaste ühendamiseks mõeldud näidismaterjal, millele toetudes on võimalik luua ülerõivas, mis sisaldab aktiivset valgusallikat.

Uurimistöö protsessi osas läbi viidud katsete rakendamise tulemusena valmib ülerõivaste kollektsioon, millesse on integreeritud disaini ja funktsionaalsusega sobiv valgustehnoloogia. See muudab liikleja nähtavamaks, on praktiline nii teostatavuse kui funktsionaalsuse poolest ning pakub ka uusi esteetilisi elamusi.

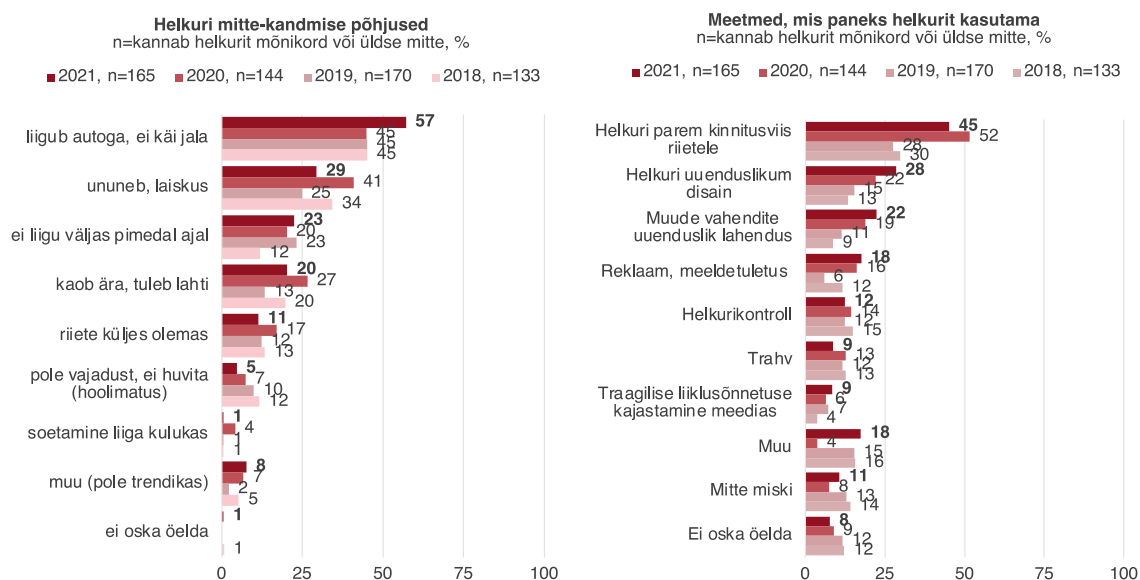
Kõigi töös kasutatud fotode autor on Marge Allik, kui ei ole märgitud teisiti.

1. LIIKLUSOHUTUS

Eesti kliimas on palju pimedat aega ja enese nähtavaks tegemine liikluses on võtmetähtsusega. Liikluseeskirjad näevad igale liiklejasegmendile ette kohustuslikud miinimumnõuded enda nähtavaks tegemiseks. Kui ilma valgusallikata auto on pigem erand kui reegel, siis endiselt on liiklusnõuete rakendamisel probleeme just jalakäijate ja kergliiklusvahenditega liiklejate hulgas.

Maanteeamet viib iga-aastaselt läbi liiklusohutusuuringud. Nagu diagrammilt näha (Joonis 1), siis viimaste aastatega on suurenenud inimeste hulk, kes toovad helkuri mittekandmise põhjusena välja selle ununemise ja/või kaotamise.²

Sama moodi on suurenenud nende inimeste arv, kes helkurikandmise tõhusus meetmena märgivad ära selle riiete parema kinnitamise, uuenduslikuma disaini või muu uuendusliku lahenduse. Uudsemaid lahendusi soovijate osakaal tõuseb järjest igal aastal.



Joonis 1. Helkuri mittekandmise põhjused ja meetmed mis paneks helkurit kandma.³

² EV Transpordiamet. *Uuring. Liiklemine pimedal ajal, liikluskasvatus, tee ületamine.12/2021*. [WWW] Allikas: Transpordiamet: <https://transpordiamet.ee/uuringud#liiklusohutus> (21. 03 2022)

³ EV Transpordiamet. *Uuring. Liiklemine pimedal ajal, liikluskasvatus, tee ületamine.12/2021*. [WWW] Allikas: Transpordiamet: <https://transpordiamet.ee/uuringud#liiklusohutus> (21. 03 2022)

Helkur on meetmena tõhus, kuid selle töötamise eelduseks on liikluses osalev teine valgust kiirgav allikas. Ehk siis tegemist on passiivse valgusallikaga. Siiani on jalakäia põhiline ohuallikas olnud mootorsõiduk, millel on tavaliselt tugev valgusallikas. Tänapäevane kiire tehnoloogia areng on meie liikluspilti toonud hulgaliselt elektrilisi kergliiklusvahendeid. Elektriõukerataste kasutamine on viimasel kahel aastal tõusnud keskmiselt 6-7%.⁴ Tulenevalt hetke poliitilisest olukorrast ja sellega seonduvast fossiilkütuse hindade tõusust võib eeldada, et ka mugavusautojuhid, kellel ei ole konkreetset vajadust autot kasutada, kaaluvad samuti elektriliste liikurite kasutusele võttu. Nende liikurite kiirused on märkimisväärsed ja põhiline liikumine toimub kergliiklusteedel. Kuigi Liiklusseadusega⁵ on kergliiklusvahenditele kehtestatud valgusallika nõue, on reeglina selle valgustugevus nõrk ja täidab peamiselt iseenda valgustamise ülesannet. Aktiivse valgusallikana võib sellest teiste liiklejate valgustamiseks väheks jääda. Sellega seoses on muutunud ka jalakäia positsioon ohutegurite suhtes. Kui varem suurenes jalakäia potentsiaal liiklusõnnetusse sattuda sõidutee ületamisega, siis praegu on liiklejate kokkupõrke oht liikunud ka kergliiklusteedele. Enda tõhusamalt nähtavaks tegemise vajadus on ka seal väga oluliseks muutunud. Käesoleva töö eesmärgiks ei ole asendada Liiklusseaduses toodud ohutusvahendeid vaid näidata lisavõimalust kuidas muuta rõivastusega oma liiklemine ohutumaks.

⁴ EV Transpordiamet. *Uuringud. Jalgratta ja elektritõukerattaga liiklemine. Transpordiamet 09/2021.* [WWW] Allikas: Transpordiamet: <https://transpordiamet.ee/uuringud#liiklusohutus> (21. 03 2022)

⁵ Riigikogu. *Liiklusseadus.* [WWW] Allikas: Riigi Teataja: <https://www.riigiteataja.ee/akt/117032011021> (21. 03 2022).

2. FUNKTSIOONIGA TEKSTIILID

Teises peatükis annan ülevaate valgustehnoloogi ja tekstiili ühendamise arengu loost ja vaatlen tekstiiliga integreerimist võimaldavaid valgustehnoloogiaid lähemalt.

2.1 Ülevaade valgustehnoloogia ja tekstiilide integreerimise kujunemisest.

Tekstiil ja valgus on kuulunud kokku aastatuhandeid. Kuid selles kontekstis on tekstiilil olnud pigem valguse varjutamise ja hajutamise või ka interjööri valguse kujundamise roll. Tekstiili pehmus, drapeerimise võimalus, selle lihtne valmistamine ja töötlemine on kahtlemata lõuend, mis tekitab disaineritel kiusatust selle mänglemist võimaldava pinnaga eksperimenteerida. Valgus on alati olnud inimsilmale ligitõmbav. Ilutulestik või laserite valgusmäng taevas paneb inimesed huviga seda silmitsema. Kõrgmoemajade pärlite, litrite ja metallikniitidega tikandid, mis poodiumitulede säras küütlevad, on ihaldusväärsed moeesemed. Meie põhjamaa kaamoses, peaks valgusteraapia olema lausa kohustuslik. On üksnes aja küsimus, kui integreeritud valgusega kangad saavad olema meie igapäevaelu osa.

Esimene katsetus tekstiili ja valguse integreerimisel tehti optiliste kiududega, aga aja ja ressursimahuka töötlemise tõttu ei jõudnud see kunagi tööstuslikule tasemele. Alles valgete LED-ide arenguga tekkis tehniline võimalus tuua valgusallikas otse tekstiilipinnale. LED-ide tekstiilile kinnitamise idee patenteeriti 1996 aastal Saksamaal ja seda algselt reklaambänneritel kasutamiseks. 2003-ndal aastal patenteeriti juba tekstiilil olevatest LED-ideest ja päikesepaneelidest koosnev valgustusseade.⁶ Muidugi ei olnud need tehnoloogiad avaldamise ajal veel laialdaselt kättesaadavad. Alles vajadus eriotstarbeliste tekstiilide järele, mida oleks võimalik kasutada ekstreemsetes oludes nagu näiteks arktikas, vee all kui ka kosmoses, viis suuremahuliste, kantava vooluahelaga tekstiilide välja töötamisele. Tolle aja kõige paindlikumad voolujuhid olid plekktraadid. Voolu juhtivaid niite kasutati esimest korda masstootmises autotööstuses, istmesoojenduse lahendustes.⁷ Selline kardinaalne muutus juhtida voolu igal pinnal ja vormil tekitas täiesti uued võimalused nii meditsiinis kui

⁶ LPR Magazine. (07. 10 2016. a.). *Lighting Fabrics - A New Approach for Flexible Light Sources*. [online] Allikas: The Global Information Hub for Lighting Technologies and Design: <https://www.led-professional.com/resources-1/articles/lighting-fabrics-a-new-approach-for-flexible-light-sources> (31.03.2022)

⁷ (LPR Magazine, 2016)

tarkade tekstiilide loomisel. Alates 2010-ndate algusest võistlesid mitmed euroopa uurimisprojektid selle tehnoloogia edasiarendamise suunal. Selle tulemusel arendas Šveits'i ettevõtte Forster Rohner välja tööstusliku LED-ide tikkimissüsteemi e-broidery®, mis võimaldab voolujuhtiva niidiga tikkida kangale suuremahulisi valgussüsteeme.⁸



Foto nr 1. E-broidery® tehnikas LED-idega kardinapaneel. Foto on pärit leheküljelt:

<https://www.architonic.com/en/product/forster-rohner-textile-innovations-satin-rombe-taupte/1540382>

Tänapäeval on turul juba palju erinevaid painduvaid valgustehnoloogiaid, nagu näiteks veekindlad, suletud LED ribad, erinevad painduvad paneelid, lehed ja traadid. Mõned tooted neist on painduvamad kui teised. Kahjuks tulenevalt vaskjuhtidest on kõigil probleemide kas siis järsu nurga all painutamise või on neil tulenevalt kasutatud vase kogusest, piiratud arv painutustükke. Samuti mõjutab valgusallika painduvust kasutatud isolatsioonimaterjal, mis võib olla toodeti erineva pehmusega. Korrelatsioon vasktraadi ja isolatsiooni vahel toob, aga kaasa piirangud kas võimsuses või paindlikkuses. See kehtib ka OLED-ide puhul, mis on kõige paindlikum tehnoloogia seni.⁹

Integreeritud valguslahendusega rõivaste tööstuslik tootmine on aktiivsemaks muutunud viimasel 4-5 aastal. Valmistoodete puhul on saadaval enamasti ohutuse eesmärgil toodetud tööriivad. Kuid on ka sportimiseks mõeldud tooteid. (LISA 1) Personaaltellimustena on

⁸ (LPR Magazine, 2016)

⁹ (LPR Magazine, 2016)

võimalik hankida näiteks T-särke mille LED paneelid programmeeritakse vastavalt kliendi soovitud kujundusele. (LISA 2) Samas paljude tehniliste ja kaubanduslike lahenduste kallal käib alles arendustöö.

Valgusreageeringutel võib olla ka teisi eesmärgi. Näiteks võib spordiriietus hoiatada kandjat, et tema pulss on liiga kõrge või rattajope sisaldada kiirendusandurit ja anda teistele liiklejatele märku, et jalgrattur pidurdab. Rõivastuse ja valgustehnoloogia ühendamist uuritakse ka teistes seostes, nt meditsiinilisest aspektist, kus tervisliku seisundi muutusest annab tekstiil teada nt valguse värvi muutumisega. Hiljuti kaitses oma doktoritööd Krakovi Kaunite Kunstide Akadeemias Iga Weglinska, kes uuris nii stressitaseme kui psühhofüsioloogiliste muutuste toimumist kandja kehas, läbi valguse ja moedisaini ühildamise.¹⁰ Philips Light & Health on arendanud välja uue kantava seadme Philips BlueControl, mis sinise LED valguse toimetel ravib psoriaasi.¹¹ LED-tehnoloogia edasine miniaturiseerimine võimaldab seda ka kangastesse kududa.

2.2 Ülevaade rõivastega integreerimist võimaldavatest valgustehnoloogiast.

Põhiliselt on võimalik valgust tekstiiliga integreerida kahel moel:

- 1) kasutades ise kiirgavat valgusallikat või
- 2) optilisi kiiberkiude, mis on ühendatud valgust kiirgava seadmega.¹²

Optilisi kiude kasutatakse kangastes nagu tavalisi koelõngu, mille kimp kogutakse kanga servale, kus see siis valgusallikaga ühendatakse. Valgustamata alad kaetakse spetsiaalse pinnakattega, mis ühtlasi peegeldab valgust ja muudab sellisel viisil kangapinna valgustuse ühtlasemaks. Kiiberoptiliste kiudude juuksekarva paksune südamik on ülipuhtast klaasist ja kaetud valgust peegeldava optilise plastkattega. Kuigi tänapäeva optilised kiud on juba küllaltki painduvad, võivad nad siiski murduda ja nende erikujuliseks lõikamisel tuleb

¹⁰ WEGLIŃSKA, I., IGA WEGLIŃSKA. [WWW] Allikas: <https://igaweglinska.com/> (07. 02 2022)

¹¹ Auber, David. *Effective, Empowering and Life-Changing New blue light therapy with Philips BlueControl – a big step for psoriasis treatment and patients' lives.* [WWW]Allikas: Philips: <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/blogs/innovation-matters/focus-on-patients.html> (11.05.2022)

¹² Cinquino, M. P. (2021). Light-Emitting Textiles: Device Architectures, Working Principles, and Applications. *Micromachines*, 12(6), 652. MDPI AG. [Online] Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/mi12060652> (28.02.2022).

arvestada valgusallika asukohaga. Enamjaolt on sellised kangad organza laadsed poolläbipaistvad ja hetkel veel ka hinnalt suhteliselt kallid.¹³

Arvestades eeltoodud põhjuseid, keskendun oma töös esimese loendipunkti alla klassifitseeritud tehnoloogi lähemale vaatlemisele. Pidades silmas antud töö eesmärke ja piiranguid on need hõlpsamini käsitletavad, soodsama hinnaga ning üleriie funktsiooni arvestades sobivamad nii painduvuselt kui ühendamise seisukohalt.

Üks lihtsamini käsitletav, ise valgust kiirgav seade põhineb elektroluminestsentsil ehk ainete helendamisel elektrivälja toimel. Esimesest vahelduvvoolul põhinevast elektroluminestsentsi fenomenist teatati Destriau poolt 1935 a. Kuid alles pärast läbipaistvate tinaoksiidil põhinevate elektrodide väljatöötamist loodi esimene praktiline seade.¹⁴

Elektroluminestsents (edaspidi tekstis EL) põhimõttel toodetud valgusallikaid on saadaval erineval kujul: värvid, traadid, linnid, paneelid. Nende tööpõhimõtte seisneb asjaolul, et EL materjalid nagu näiteks fosfor, kiirgab kõrgel sagedusel elektriväljaga kokku puutudes valgust. Selliseid materjale on erikujulisi, kuid põhiliselt on see saadaval erinevas suuruses paneelidena ja traadina. Paneelid koosnevad mitmest õhukesest kihist. Esimene on niinimetatud vundament, ehk õhuke plastik, millele on peale kantud elektrit juhtiv hõbedakiht, siis kaks dielektrilist kihti mille vahel on EL aine. Viimasena lisatakse teine, voolu juhtiv kiht, mis peab olema läbipaistev, et suudaks valgust läbi kumada. EL traat on oma olemuselt peenike vasktraat, millele on kantud õhuke luminofoorkiht, mis tekitab valgust vahelduvvooluga kokkupuutel. EL traat koosneb viiest põhikomponendist. Esimene on vasktraat, millel on fosforiga kaetud kiht. Välimine voolu juhtiv kate sisaldab spiraalselt ümber fosforkatte keerdunud üli peenikest traati või traatide paari. Selleks, et valgustuseks vajalik pinge oleks võimalikult madal, peavad materjalikihid olema võimalikult õhukesed. Kaasaegsemates lahendustes on need vaid mõne mikromeetri paksused. Mõlemad lahendused on küll painduvad, aga mitte nii pehmed kui kangas.¹⁵

¹³ Fibre@Fashion. *Light Emitting Textiles And Clothing Heads For Commercial Usage*. [Online] Allikas: Technical Textile.net: <https://technicaltextile.net/articles/light-emitting-textiles-and-clothing-5270> (28.03.2022)

¹⁴ (Cinquino, 2021)

¹⁵ El-Fanagely, A. E.-S. (11.2022. a.). The importance of digital lightening fashion technique in creating innovative fashion marketing. *International Design Journal, Volume 12, Issue 1, pp 119-136*. [Online] https://idj.journals.ekb.eg/article_210323_54088bba39679532faa5a68d57a137a4.pdf (28.03.2022).

Teadlased on saavutanud ka häid tulemusi EL materjaliga kaetud kiudude arendamisel, mida saab kududa kangasse nii telgedel kui silmuskudumina. Samuti on võimalik kangast katta EL materjalidega analoogselt siiditruki tehnikale ning saavutada isegi venivat kangast. Positiivse poole pealt on EL valgusallikad kiire reageerimisajaga, madala energiatarbimisega, neid on lihtne ning küllaltki odav valmistada. Samas teisest küljest on neil jällegi piiratud heleduseväärtus ja kõrge vahelduvpinge vajadus, mis võib rõivastes kasutamise puhul olla ohtlik. EL on vastuvõtlik ka niiskuskahjustustele ja seetõttu on vajalik valgusallika kesta hermetiseerimine.¹⁶

Nanjing University teadlased töötavad praegu selle nimel, et parandada EL tehnoloogia potentsiaali kantavas elektroonikas. Madal heledus ja kõrge pinge on hetkel selle peamised arengut piiravad tegurid.¹⁷

Esimene valgusdiod ja laserdiod võeti kasutusele juba 1960. aastate alguses.¹⁸ Sellest ajast alates on mõlemad valgustustehnoloogiad tõhususe, praktilisuse ja ka heleduse osas märkimisväärselt edasi arenenud. Erinevalt EL tehnoloogiast vajavad LED-id vaid mõne üksiku alalispinge volti valguse kiirgamiseks.¹⁹ LED on valgusdiod, mis muundab elektrienergia nähtavaks valguseks. Sobiva päripingega hakkab diod kiirgama valgust, mis sõltub diodi ehitusest ja koostiselementidest, mida see parasjagu sisaldab.²⁰ LED-e esineb erinevates toonides ja nende erksust on võimalik pinge reguleerimisega muuta. LED-tehnoloogia areneb pidevalt edasi, otsitakse võimalusi muuta see vähem soojust eritavaks, pikaealisemaks, eredamaks ja väiksemaks. LED'ide madala hinna, väiksete mõõtmete, hea kättesaadavuse ja eri värvide tõttu kasutatakse neid näiteks rõivastes LED ekraanide loomiseks. Koos vastava tarkvaralise lahendusega on võimalik luua rõivastele interaktiivseid disaine, mis võimaldavad edastada mistahes kujutisi. Käesoleva aasta alguses teatati juba üliväikese: 1,6x1,4x0,55 mm LED-i turule saabumisest. Tootjafirma annab teada, et seejuures on paranenud ka heledus ja värvide segunemine.²¹ Kahjuks ei ole LED'id

¹⁶ (Cinquino, 2021)

¹⁷ (Cinquino, 2021)

¹⁸ Ellumiglow. (16. 11 2018. a.). *Lighting Technology blog*. [WWW] Allikas: Ellumiglow: <https://www.ellumiglow.com/blog/the-history-and-differences-between-led-strip-lighting-and-laser-wire> (29.03.2022)

¹⁹ (Cinquino, 2021)

²⁰ (El-Fanagely, 2022)

²¹ Trend Force Corp. (08. 02 2022. a.). *Development of "Upward-lighting Multicolor LEDs": small, high brightness LED packages that have an improved color mixing property*. [Online]Allikas: LEDinside: https://www.ledinside.com/products/2022/2/development_upward (28.04.2022).

paindlikud ega ka venivad, mis raskendab nende tekstiiliga integreerimist. On saadaval ka üksikuid alusele kinnitatud LED-e (nt. Lilipad; Gemma; Neopixel), mida on võimalik kinnitada kangale ja ühendada näiteks voolu juhtivate niitidega. Philips on arendanud Lumalive'i – anorgaanilise LED diodidest koosneva paneeli, mis paigaldatakse taskusse rõiva pealispinna all.²² Sellisena jääb pealisriie muutumatuks, kuid valguskiirguse sisse lülitamisel kumab soovitud valguspilt läbi kanga. Seejuures on oluline, millist materjali kasutatakse pinnavalguse hajutamiseks, et ei oleks konkreetset punktvalgust.

LED valguse värv on vastavate lisa kontrollritega muudetav, ning lubab seeläbi luua ise oma värvid ja mustrid. Loomingulised võimalused on seetõttu piiratud, kuid eeldavad ka mõningaid tehnilisi teadmisi ja suutlikust tegeleda programmeerimisega. Sellised võimalused avavad ka täiesti uued reklaamikanalid võimaldades kasutada inimesi reklaamikandjana. Iseenesest ei ole inimese kui reklaamtulba idee ju midagi uut, sest brändi tunnust eksponeerivaid rõivaid kantakse praegugi. Küll aga võimaldab see luua dünaamilisemaid lahendusi ja personaliseerida seeläbi visuaalset jutustust.

Kõige lihtsamad ja odavamad rõivastesse lisatavad tuled on väikesed diodid, mis on ühendatud tavaliselt kahe voolu juhtiva traadi vahele, moodustades sellisel viisil tulede keti ning saavad toidet patareidelt. Need on nn „haldja tuled“ (ingl. k. Fairy Lights). Põhiliselt kasutatakse neid ruumidekoratsioonina, kuid väga kerge kaal ja vähene vooluvajadus võimaldab neid kasutada ka rõivastuses. Siiski ei ole peenike vasktraat väga vastupidav murdumistele ning seetõttu on sellist lahendust otstarbekas kasutada vaid ühekordsetes lavakostüümides, vms. projekti tarbeks.

Tuleviku rõivad kasutavad ilmselt PLED tehnoloogiat. PLED on polümeerist valgusdiod, mida kasutatakse tehnoloogias taustavalgusena ning elektroonilistes kuvarites. Erinevalt LED'idest, mis on nagu väikesed pirnid, on PLED ekraan õhuke, paindub polümeeridest valmistatud kile, mis on võimeline kiirgama kogu värvispektrit. Sarnaselt EL paneelidele koosneb see mitmest kihist, mis on kantud plastist aluspinnale. Kuna PLED polümeerid on valmistatud orgaanilistest molekulidest, tuntakse neid ka OLED orgaaniliste diodidena. Arvestades kui õhukese ja painduva materjaliga on tegemist, on sel tulevikus kindlasti potentsiaali rõivatööstuses.²³

²² (Fibre@Fashion, kuupäev puudub)

²³ (El-Fanagely, 2022)

Kuid nagu EL materjalil on ka PLED-id väga tundlikud hapniku ja vee suhtes, mis võib vähendada nende eluiga, seetõttu peab materjal olema kapseldatud hermeetiliselt.²⁴

2.3 Valgustehnoloogia integreerimise probleemkohad.

Autojuhina, kui suurema ohu allika valdajana, olen alati olnud mures ohutu sõidu kulgemise pärast. Ühel sügisesel ja vihmasel päeval tänaval, kus mõlemas suunas on kaks sõidurada, oli üks neist suurema remondi tõttu suletud ja ohutu sõidusuund tähistatud valgust kiirgava noolega. See oli silmatorkav ja eksimist välistav märguanne. Sellest kogemusest arenes mul mõte, et ka inimestel võiks olla võimalus ennast liikluses nähtavamaks muuta. Tõsi, meil on helkurid, kuid teatud ilmastikutingimustes või vale nurga alt lähenedes ei ole see alati piisav. Rõivastesse integreeritud valgustus võimaldaks ennast paremini nähtavaks teha.

Sellise rõivastuse kavandamisel tekib aga üksjagu küsimusi. Milline on parim võimalik valgusallikas sellise lahenduse tarvis? Kui tugev peab see valgus olema, et see oleks nähtav kaasliiklejaile? Teiselt poolt jällegi, kui tagasihoidlik peab see valgus olema, et inimesel oleks mugav seda kasutada ja ei tekiks valgusreostust? Teadlaste sõnul on selline probleem seoses LED lampide tõhususe ja kättesaadavusega jõudsalt kasvanud.²⁵ 3-5V toitega valgusallikat ei saa muidugi võrrelda tänavavalgustuslampidega, kuid suuremas koguses on neilgi oma mõju. Kas on olemas kasutusvalmis, lihtsaid, kompaktsid ja sobivaid tehnilisi lahendusi, mis oleksid ka mõistliku hinnaga, kergesti kättesaadavad ja kasutatavad? Valgusvoo aspekti juures tekib küsimus, kui tugev peab olema kantav valgus, mis tagaks ohutu liiklemise? Sellist numbriliselt määratletud suurust ei ole regulatsioonidega välja toodud. Lähim mõõde, mida on võimalik antud juhul kohandada puudutab helkurite kandmist. Helkur on märgatav auto lähitulede korral 130 m pealt ja kaugtulede korral 300 m pealt.²⁶ Kuid neid vahetuid ei saa kohaldada jalgratturi tuledele või jalakäiatele, kellel üldse puudub aktiivvalgustus. Ehk siis siinkohal tuleb tulemust hinnata subjektiivselt.

²⁴ (Cinquino, 2021)

²⁵ Oidermaa, J.-J. (20. 03 2019. a.). *Novaator*. [Online] Allikas: ERR: <https://novaator.err.ee/921807/eesti-ood-muutuvad-uha-valgemaks-ja-sinisemaks> (30.03.2022)

²⁶ Liikluskasvatus.ee. Enda nähtavaks tegemine [WWW] Allikas: *Liikluskasvatus.ee*: <https://www.liikluskasvatus.ee/et/taiskasvanule/1/jalakajja/enda-nahtavaks-tegemine> (27. 04 2022)

Eesti kliima tingimustele vastav rõivas peab olema sobiv ka halvale ilmale. On meil ju enamus pimedast ajast suhteliselt kehvade ilmastikutingimustega, tihtilugu märg või lumine. Lisaks tuleb arvestada õhutemperatuuriga, mis võib aasta lõikes kõikuda +/- 40 c°. Tänapäeva maailmas on vältimatult vajalik toote loomisel mõelda ka selle utiliseerimisele. Kuidas lahendada läbi disaini võimalus eraldada elektroonilised komponendid tekstiilist? Iga tekstiilist eseme puhul on oluline ka tema puhastamise võimalus. Kuidas aga lahendada see olukorras, kus rõivaga on integreeritud elektrilised komponendid? Inimene tahab reeglina kanda rõivast, mis on funktsionaalne, s.t eelkõige oma otstarbele vastav (ka materjali omaduste poolest) ja näeb esteetiline välja. Seega lisaks vajalikele tehnilistele eeldustele ja parameetritele on sellise toote puhul äärmiselt oluline roll disainil, mis suudaks ühendada omavahel kõik vajalikud elemendid. Käesolevas töös uurin võimalusi lahendada selles punktis käsitletud probleeme sobiva disainilahenduse loomisega.

3. DISAINIPROTSESS

Kolmandas peatükis põhjendan disainiprotsessi tarbeks hangitud materjalide valikut ning viin läbi katsed valgustehnoloogia integreerimiseks tekstiiliga viiel erineval moel. Viimases alapeatükis käsitlen ülerõiva valmistamise protsessi olulisemaid aspekte seoses valgustehnoloogia integreerimisega.

3.1 Materjalide valik

Valgustehnoloogia ja rõivaste ühendamise esmaseks probleemiks on valida sobiv valgustehnoloogia. Erinevaid tehnoloogiaid, mida on võimalik ühel või teisel moel tekstiilidega integreerida on palju ning käesoleva töö raames ei ole võimalik ega mõistlik kõiki tooteid katsetada. Silmas on vaja pidada ka probleemkohti, mis on välja toodud käesoleva töö alapeatükis 2.3. Seetõttu otsustasin erinevate disainivõimaluste katsetamiseks valida elektroluminescents tooted: traadid ja paneelid. Järgnevalt annan ülevaate oma materjalivaliku argumentidest..

Esiteks on elektroluminescents tooted tagasihoidlikuma, aga seejuures ühtlase valguskiirgusega. Nad on soodsa hinnaga ja kergesti käsitletavad. LED-ide valguskiirgus on tugevam, kuid üksikute LED-ide paigaldamine eeldab valgusjuhtiva niidiga ühendamist ja iga üksiku LED tule rõivale kinnitamist. Sellisena on suurema valgusala loomine aeganõudev ja ka utiliseerimisel traatide eemaldamine keeruline. Lisaks tekib täppvalgus, mis jätab minu arvates veidi algelise ja robotliku mulje, mida oma töös sooviksin vältida. LED-ide puhul tekib ka valguse hajutamise probleem. Saadaval on silikooniga kaetud LED ribad, mille puhul kaob küll õblemise probleem, kuid mitte teised probleemid. On olemas ka ühtlasemat valgust kiirgav COB Led-ide riba. Seed koosneb pisikestest, aga tihedalt üksteise kõrvale paigutatud LED'idest. Riba on omakorda kaetud silikoonkattega, mis toimib ühtlasi ka valguse hajutajana. Sellise kombinatsiooniga on saavutatud ühtlane valgusvoog. Kuid sellise hulga LED-ide toiteks on vaja märksa tugevamat pinget kui 5V ja 2A, mida pakub keskmine akupank.

Teiseks valiku põhjuseks on toiteks vajalik pinge ja voolutugevus. Mida tugevam ja laiem valgustusala, seda tugevam peab olema ka toiteallikas. Ehk siis 5V ja 2-2,1 A, mida on võimalik kätte saada keskmisest akupangast, toidab ära piiratud hulgal ja suuruses

voolutarbijaid. See tegelikult kehtib ka EL toodete puhul. Suuremat sorti EL paneelidele, või pikemate kui 5m EL traatidele jääb selline toiteallikas toote turustajate sõnul nõrgaks. Ehk siis valguselemendi valgustugevust mõjutab helendamist vajava pinna suurus. Suurima pindalaga 5 V pingega EL paneelid, mis mul õnnestus leida on orienteeruvalt A6 formaadis, s.o. siis umbes 150 cm². Suurema pindalaga paneelidel on juba 12 V või 24 V pingega inverteeri nõue. Need on suured ja rasked, ning mõeldud autos või kodus kasutamiseks.

Valgusallikad	+	-
El Traat 	Painduv, ühtlane valgusvoog, soodne hind.	Nõrk valgusvoog. Kitsas valgustusala.
El Lint 	Õhuke ja painduv, tugevam valgusvoog.	Oluline elektriallika võimsuse ja lindi pindala vahekord.
El Paneel 	Õhuke ja painduv, ühtlane ja valgusvoog.	Oluline elektriallika võimsuse ja paneeli pindala vahekord.
COB Led 	Ere, ühtlane valgus.	Energia võimsuse probleem.
Üksikud õmmeldavad LED tuled 	Võimalikud üksikud valguspunktid.	Küsitatav töökindlus niisketes oludes. Palju üksikuid kinnituskohhti õmblemisel.
Haldja tuled 	Väga odav.	Kergelt mürdud, nõrk, mitte väga töökindel.
SMD Ledriba 	Tugev valgus.	Energia võimsuse probleem.

Joonis nr 2. Valgusallikate skeem ja nende plussid ning miinused.

Katsete tegemiseks soetasin endale valguselemendid Hiina veebikaubamajast Aliexpress. Valgustuse vallas on Hiinas tehtud märkimisväärseid arendusi ja sealne valgustustoodete turg, eriti mis puudutab kantava valgustuse osa on kindlasti hetkel suurim ja mitmekesisem. Üks suurimaid ja arvestatavamaid LED valguse arengut käsitlevaid blogisid „LEDinside“ kuulub samuti Hiina firmale Trend Force Corp.²⁷ Kindlasti on selliseid tooteid

²⁷ Trend Force Corp. *Ledinsaide*. [WWW] Allikas: Ledinsaide: <https://www.ledinside.com/> (29. 04 2022).

võimalik leida ka Euroopa veebipoodidest, kuid reeglina on tegemist samuti Hiina toodete edasimüügiga.

Tellitud materjale proovides selgus, et erinevad EL traadid on erineva jäikusega. Nähtavasti kasutatakse traadi katmiseks erinevaid plastik materjale, kuid seda ei ole kahjuks võimalik enne ostmist tuvastada. Seda oli märgata nii läbipaistvate EL traatide (erinevad: soe ja külm valgus) omavahelises võrdluses kui ka kõrvutades neid värvilist valgust kiirgavate traatidega. Tellitud EL paneelid on küll painduvad, kuid mitte pehmed ja murtavad.

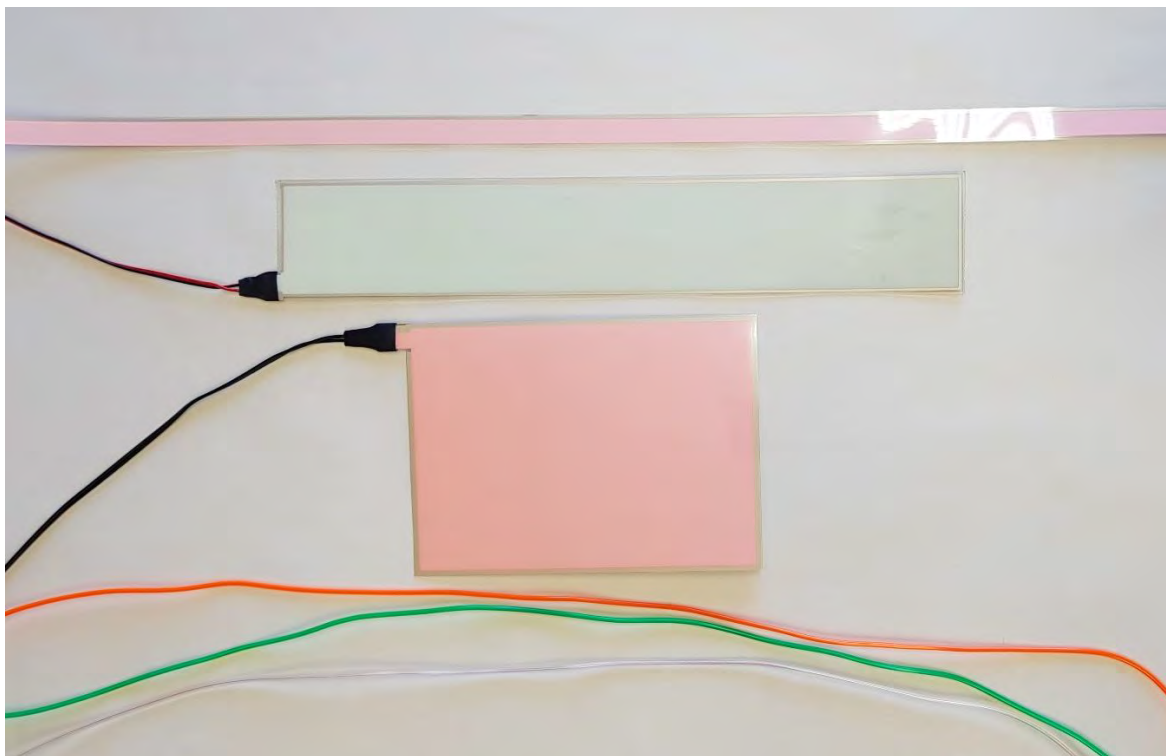


Foto nr 2. Valgusallikad katsete tarbeks.

Kantavat valgusallikat müüakse reeglina koos standardse inverteriga. See on pisike ca 3 x 2,2 x 1,8 cm karbik, mis muundab voolu ja on täielikult isoleeritud. Töötavas olekus (kui valgus põleb) teeb see õrna heli. Tavapärasest kasutamisest see ei sega, sest kuuldav on seda vaid lähedalt ja vaikuses.



Foto nr 3. Valgusallikate toitejuhe koos inverteriga.

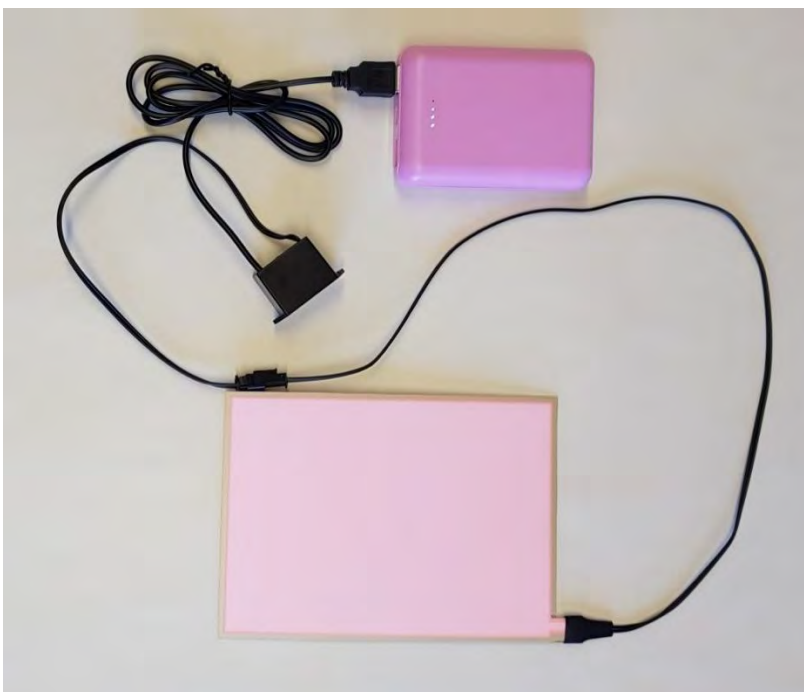


Foto nr 4. Komplektne valgusallikas koos toitega.

Ülerõivaste materjaliks kasutasin Zegual Kayaks OÜ poolt reorganiseerimise ja kolimisega seoses üle jäänud vastupidavaid ja kvaliteetseid kangamaterjale. Tegemist on veekindlate impregneerkangastega, mis koosnevad kolmest lamineeritud kihist: pealmine kootud ja vetthülgavaks töödeldud kangas, vahel õhuke kile kiht ja pahemal pool samuti

õhuke kootud kangas. Lisaks kasutasin ka pehmet, õhukest kileimpregneeri. Kuna tegemist on enamjaolt rullilõppudega, siis ei ole kahjuks säilinud kanga tehnilisi markeeringuid. Arvestades, et tegemist on kvaliteetset veespordi varustust tootva firmaga, ei ole põhjust kahelda antud kangaste sobivuses ülerõivasteks.

3.2 Valgustehnoloogia integreerimise viisid

3.2.1 Katse nr 1. Valgustehnoloogi integreerimine tunnelisse.

Esimesena proovisin tekitada valgusala tagasi pööratud serva abil, millele on läbipaistvas tunnelis lisatud EL traat. Selline lahendus lubab erinevate rõiva lõikeservade abil tekitada valgustatud alasid rõivale ilma, et konkreetne valgusallikas oleks näha. Ilma valgust sisse lülitamata, pole integreeritud valgusallikat võimalik märgata.



Foto nr 5. Katse nr 1. Saavutatud valgusefektid. Vasakul külm valgus heledal taustal, keskel tumedal taustal ja parempoolsel kollasel taustal.

Valguse integreerimiseks õmblesin kanga pahemale poole serva helkurkangast riba, et võimendada valguse peegeldust. Sinna peale asetasin läbipaistvast silikoonribast tunneli, kuhu sai paigaldatud EL traat. Eesmärgiks tekitada alumisele kangale piisavalt tugev

valgusvoog. Katsest selgus, et ühest EL traadist kanalis on märgatava valgusvoo tekitamiseks vähe. Kasutada tuleks kahekordset traati. Teiseks ilmnes, et kui alumiseks kangaks on valitud tume kangas, siis vähenes valgusvoo märgatavus tunduvalt. Hele kangas on selliseks disainilahenduseks palju sobivam, sest must peegeldab valgust 0%, valge 100%.²⁸ Lisaks mängib olulist rolli värvivarjundi tekitamisel valitud traadi värv ja/või valguse soojus/külmus. Need omakorda võivad koos kanga värviga tekitada ka täiesti uue värvikombinatsiooni nagu näha fotol nr 5, kus külm sinakas valgus koos kollase kangaga tekitab heleda mererohelise tooni. Oluline on sellise disaini puhul ka pealmise ja alumise kanga suhe üksteisega. Ehk siis mida tihedamalt langeb pealne kangas alumise vastu, seda vähem on valgus märgatav. Samasuguse tehnilise võttega proovisin ka kitsa EL paneeli riba paigaldada, eeldades, et 1 cm laiune riba annab paremat heledust kui 2 EL traati.



Foto nr 6. Katse nr 1. Tunnelisse paigaldatud EL paneeli riba.

Katse tulemusest selgus, et tegelikult silmaga eristatavat olulist vahet valguse eredusel ei olnud.

²⁸ Hafez, N. M., Mohamed, S. S., & Mustafa, B. S. (24. 10 2017. a.). Effects of Integrating Light Emitting Diode (LED) on Different Fabrics Properties Used for Fashion Design . *International Design Journal*, Volume 7, Issue 4, pp 393-408. [Online] https://idj.journals.ekb.eg/article_87083.html (01.05.2022).



Foto nr 7. Katse nr 1 Valgusallikad läbipaistvas tunnelis.

Katses nr 1 proovitud tehnilise võtte kasutamine ülerõivaste puhul on küllaltki lihtne ja mugav. Juhtmetega saab liikuda sõltuvalt lõikelahendustest ja asukohast kas läbi voodri ja pealismaterjali õmbluse, või kahe detailivahelise õmbluse toote sisse nii, et on võimalik jätta avad pealmise rõivamaterjaliga kaetuks. See väldib rõiva tavapärase kasutuse juures niiskuse toote sisse kandumise probleeme.

Katses kasutatud helkurkangas silmnähtavat efekti ei andnud.

3.2.2 Katse nr 2. Valgustehnoloogia integreerimine rõivapinda läbi õõside

Teises katses kasutasin EL traati, mille sisestasin eelnevalt tugeva polüestrist nõõri sisse. El tooted ise ei ole rõivastes eksponeerimiseks eriti esteetilised, mõjudes pigem kostüümilikult. Seetõttu vajavad need minu töö kontekstis, viimistletud välimuse saavutamiseks, varjamist või katmist. Selles osas on võimalik tuleviku perspektiivis kasutada erinevaid lähenemisi, sõltuvalt disaineri esteetilisest eelistustest ja muudest eesmärgist tulenevatest piiravatest tingimustest.

Selleks, et tuua EL traati kanga pinnale, kasutasin tugevat veespordi otsatarbeks loodud nõõri, millelt eemaldasin täitematerjali nii, et alles jäi ainult pealne kiht, et moodustada traadi peitmiseks sobiv tunnel.

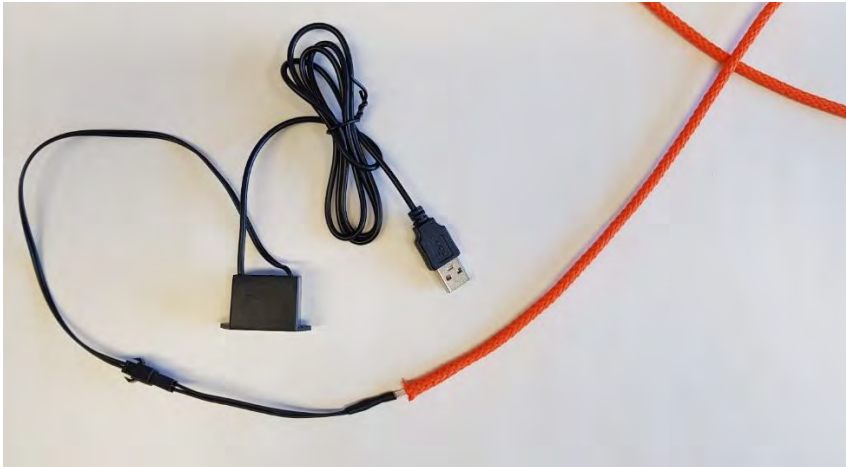


Foto nr 8. Katse nr 2. Nööri tunnelisse paigutatud EL traat.

Minul oli kasutada firma tootmisjäägid, kuid julgen oletada, et sarnast nöörist tunnelit on võimalik tellida vastavalt oma soovile. Kasutatav nöör on värvuselt erkoranž, kuid sõltuvalt sellest, millist tooni on EL traat seal sees, võib ta anda erinevaid tulemusi. Tulemus eristub kõige ilmekamalt pimedas.

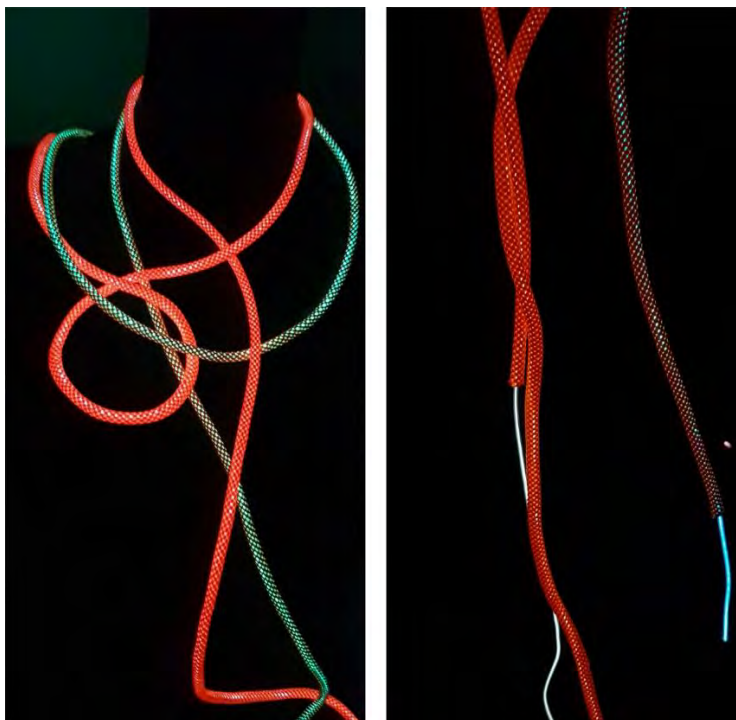


Foto nr 9. Katse nr 2. EL traadi ja katematerjali värvi võrdlus.

Fotol nr 9 on tegemist ühe ja sama oranži nööri ja punasena tunduval nööri seas EL traat. Vasakpoolsel fotol, rohelisena tunduval nööri seas roheline traat ja parempoolsel fotol tumedamal ebamäärast värvi paelal on sees läbipaistev, külma valgust eritav traat.

Selleks, et tuua selline helendav nööri tekstiili pinnale, paigaldasid kangale sobiva suurusega õõsid. Õõsist läbi põimitud traat moodustab kanga pinnale helendava mustrit. Katses proovitükile loodud muster on vaba paigutusega, kuid terve rõiva pinna kontekstis on võimalik mustritiheduse ja nööri suuna paigutusega luua sobivad mustrilad vastavalt disaineri nägemusele. Kanga pinnale ulatuvad nööri aasad on ca 7-8 cm pikad ja antud EL traadi ning nööri kombinatsiooni jaoks on sobiva suurusega nr 7 õõsid.

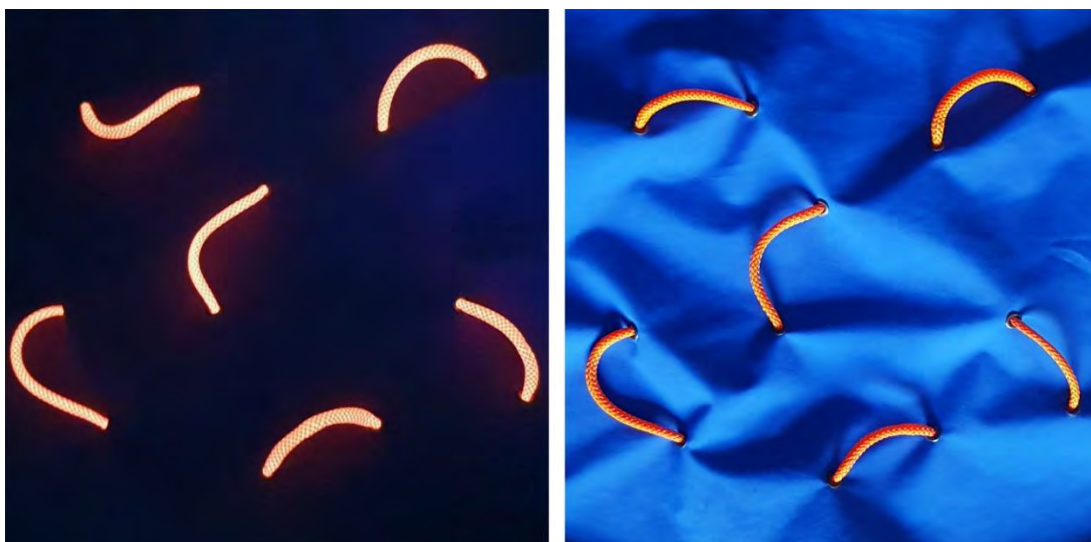


Foto nr 10. Katse nr 2. Läbi õõside põimitud nööri tekstiilipind.

Kuna õõsist läheb traat risti läbi, siis tulenevalt EL traadi jäikusest, mis ei võimalda teda 90 c° nurga all murda, muutub õhuke kanga pind kergelt lainetavaks. Jäik traat painutab kangast endale sobivas suunas. Samas on kogu konstruktsioon siiski pehme ja vormitav. Seega leidsin, et jäigem ja tugevam kangas võib seda probleemi lahendada. Selleks teppisin pealiskanga alla Thinsulate® tuule tõkkega vatiini. Kanga lainetamine praktiliselt kadus.

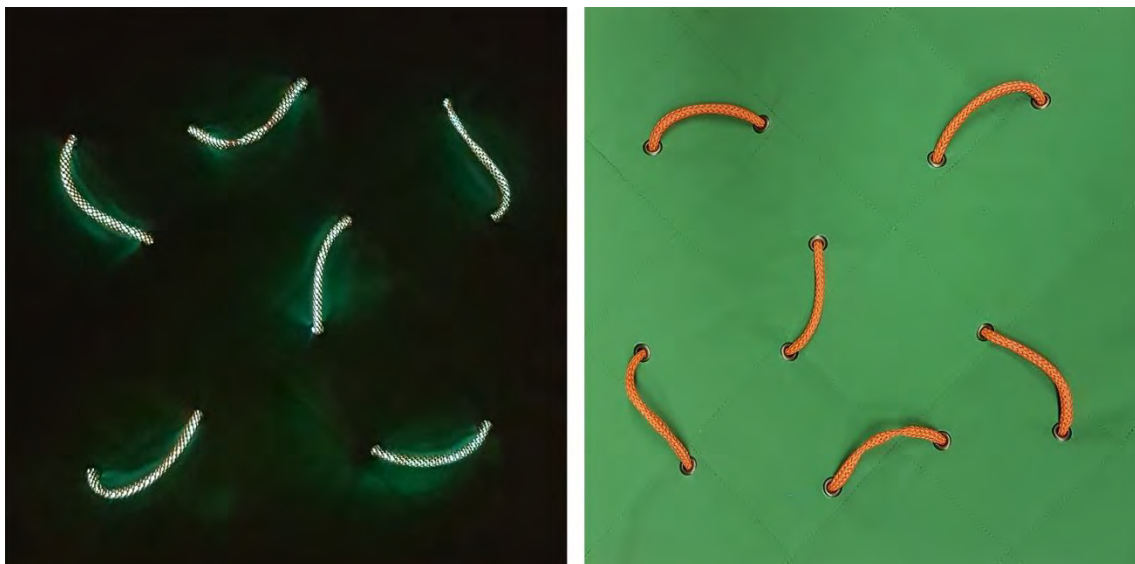


Foto nr 11. Katse nr 2. Katse vatiinile tepitud kangaga.

Sellise disainilahenduse puhul tuleb siiski arvestada, et kanga pinnale tekkivad augud, millest näiteks tugeva sademehulga korral võib hakata niiskust läbi immitsema. Seega on kasutusmugavuse seisukohalt vajalik vatiin paigutada kahe vett hülgava kanga vahele, et vältida vatiini niiskumist. Samuti on oht, et niiskus liigub mööda traati elektriühendusteni. Selle probleemi vältimiseks võiks elektriühendus olla kõrgemal, kui viimane öösi auk, kust ühendused algavad. Kasuks tuleb ka niiskuskogumis süsteemi loomine enne elektriühendust. Parimaks lahenduseks oleks muidugi EL traadi ja inverterisse suunduva juhtme ühenduse veekindlaks muutmine.

3.2.3 Katse nr. 3. Valgustehnoloogia integreerimine kanga pinnale

Nööri kanga pinnale kinnitamise üks võimalikke lahendusi on kinnitada sellele sobiva suurusega kangast aasad. EL traadi pinnale toomiseks ja selle sealt rõiva sissepoole viimiseks kasutasin ööse, kuid sellise lahendusega saab öösi augud peale õmmeldava kangaga ära varjata, mis välistab ka juhusliku niiskuse sattumise rõiva pahemale küljele.

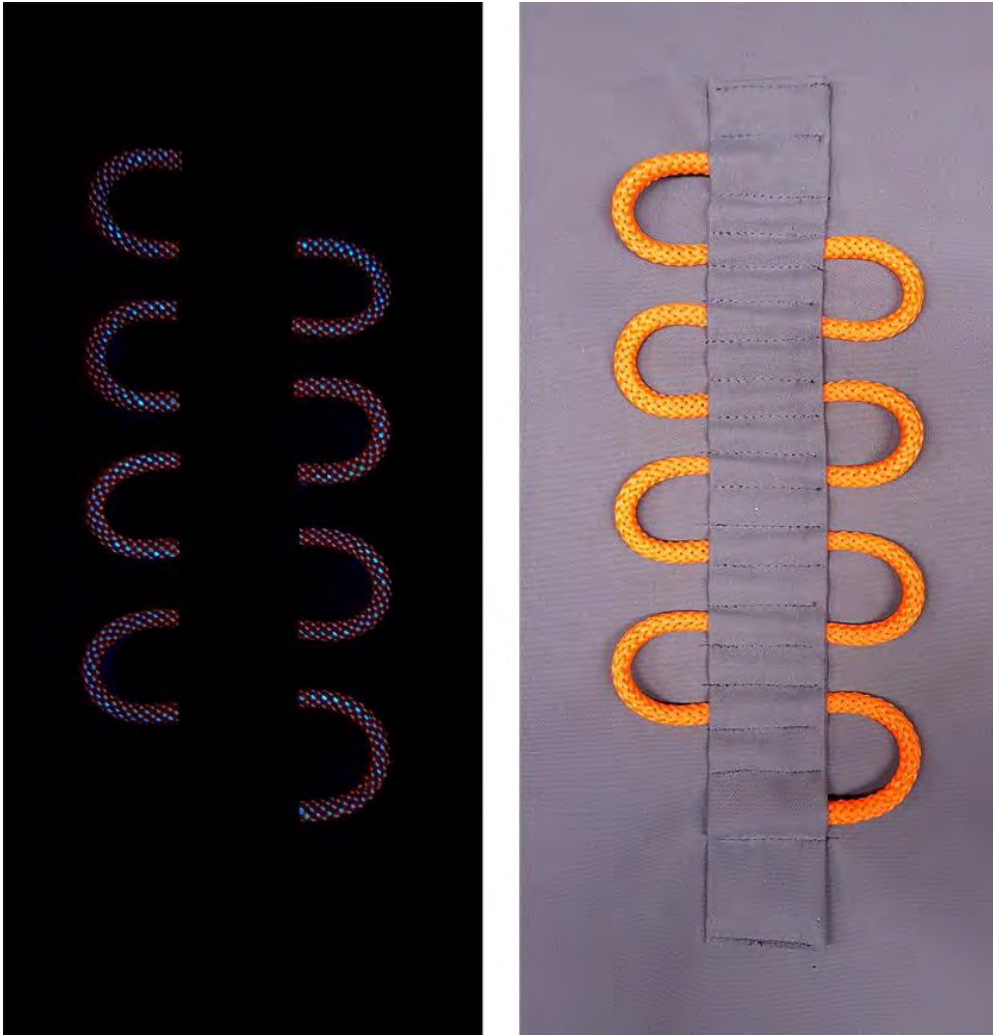


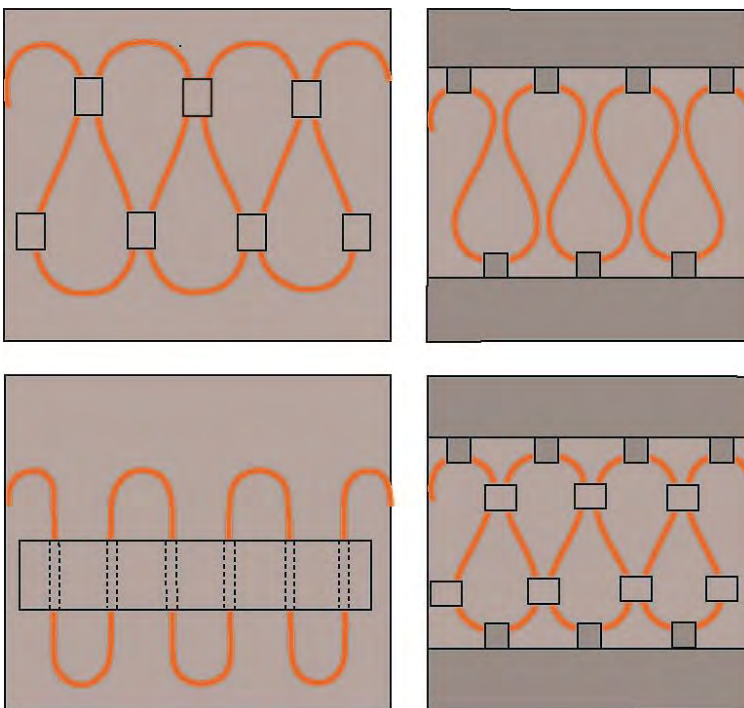
Foto nr 12. Katse nr 3. EL traadi kinnitamine kangast aasadega.

Ka selle lahenduse juures hakkas domineerivat rolli mängima traadi jäikus. Lühemate nõõri aasade puhul peab paralleelse jooksu vahele jääma teatava vahemaa või peab nõõri tagasi painutamise vahemaa olema pikem. 90 c° või ka järsema nurga all ei ole võimalik traati tagasi painutada, seda saab teha vaid kaarega. Pikkupidi tekkib sellisel lahendusel ka teatav tasapinnaline jäikus ühest aasa servast vastas oleva aasa servani, mis teeb selle sobivaks eelkõige mõnele laiemale tasapinnalisele asukohale, ehk siis näiteks seljale. Vormiga kaasa pöördub selline lahendus ainult ristipidi.



Foto nr 13. Katse nr 3. Kinnituslahenduse vormiga sobivus.

Konstruksiooni liikumise vältimiseks peavad aasad olema nõõri ümber suhteliselt tihedalt kinnitatud, kuid siiski nii avaralt, et oleks võimalik detaili lisada või eemaldada. Analooitse tehnilise võttega on nõõri võimalik rõivale paigutada visuaalselt erineval moel. Allpool mõned võimalikud näited kuidas seda teha.



Joonis 3. Nõõri rõivale paigutamise võimalikud skeemid.

3.2.4 Katse nr 4. Valgustehnoloogia integreerimine koos laserlõikusega

Elektroluminescents paneelid erinevad traadist vaid selle poolest, et valgust kiirgav ala on suuremal tasapinnal. Kuna valguskiirgus ei ole nii tugev, et valgustaks läbi tiheda lamineeritud kanga, siis vajab kangas avasid. Selleks otsustatakse on üleriie kanga omadusi silmas pidades väga sobiv laserlõikuse kasutamine. Laser kõrvetab kanga lõikeserva ja see jääb korrektne. Sellisel viisil saab disainer ise luua sobiva mustri, mis paneeli lisades valgusega helendab. Avad pealiskangal eeldavad siiski detaili puhul, kus on kasutatud väljalõikeid, kahekordset kanga kasutust. Laserlõikuse mustriavade puhul tuleb disainilahenduses arvestada ka teise, taustakanga värvi või muid lisaomadusi, sest kangas paistab osaliselt avadest välja. See sõltub valitud mustri väljalõigete suurusel. Lisaks mängib rolli ka paneeli enda värv, mida on saadaval erinevates toonides. Mina otsustasin katses kasutada taustakangana lillaka mustriega helkurimpregneeri. Proovitükil, kus laserlõikuse avad on väga peened, pole taustakangast praktiliselt näha. A 6 suuruses EL paneeli paigaldamiseks tegin taustakangale nõõpauguava, millel on paneeli väljakukkumise takistuseks takkijakinnitus. Väljastpoolt katsin kogu ala läbipaistva pehme õmmeldava plastikmaterjaliga. Nii on paneel välismõjude eest kaitstud, kuid valgus pääseb maksimaalselt levima. (Foto nr 10). Sama seisab paneel ka kindlalt oma kohal.



Foto nr 14. Katse nr 4. Taustakangale paigaldatud EL paneel.



Foto nr 15. Katse nr 4. Laserlõikusega proovitükk ilma valgustusega.

Katses kasutatud kangal oli laserlõikuse ala suurem, kui kasutatud EL paneel. Kui kangakihid on tihedalt üksteise vastas, siis on aktiivne valgustusala paneeli suurune. Kui aga kaks kanga kihti on liikumises, siis valgustatud ala tänu õhuvahedele mõnevõrra laieneb, kuid see on juhusliku iseloomuga. Foto nr 12 on tehtud õhtuhämaras ruumis, kuid mitte pimedas. El paneeli valgus on vägagi hästi märgatav. Helkurkangas ilma suunava valguseta ei tekita mingit valgusefekti.

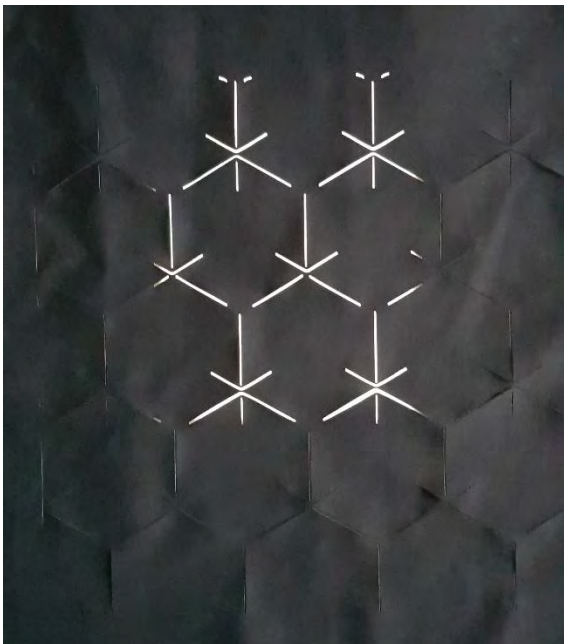


Foto nr 16. Katse nr 4. EL paneeli aktiivvalgus tihedalt kahe kanga vahel.

Lisaks proovisin pildistada ka koos valguga, et vaadata kuidas toimib helkurkangas otsese valgusallika suunamisega ehk siis kui objekt on hästi valgustatud. Helkurkanga efekt oli isegi eredam kui ala keskel olev aktiivvalgus. See katse tõestab ilmekalt, et nii passiivsel kui aktiivsel valgustusel on omad eelised sõltuvalt asjaoludest. Sellisena kombineeritult on riietuse kasutegur arvestades ohutuse aspekti kõige suurem.

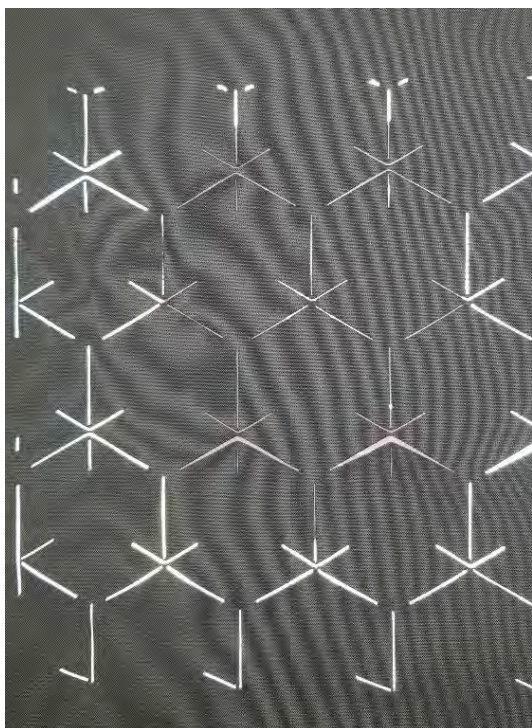


Foto nr 17. Katse nr 4. Valguga pildistatud katseobjekt.

Paneelide asukoha valikul rõivale, tuleb silmas pidada, et paneeli ei ole võimalik painutada 90° nurga all. Ta on küll painduv kuid mitte pehme. Kuna paneelid võivad olla erineva kujuga, siis paigutuse planeerimisel tuleks arvestada, et rõivavorm võtab reeglina keha kuju, mis on teatavasti kumer. Seega mängib rolli paneeli asetus rõival ka tema pikima külje suhtes. Näiteks ei ole võimalik paigutada rõiva varrukale käsivarre lamedast moodsust laiemat paneeli. Rõivas jääb hoidma kandiliselt.

Juhul kui laserlõikuse muster teha suurema avaga, avaldab tootele mõju ka EL paneeli värv välja lülitatuna ning valguse enda toon helendades. Samuti on valgusvoog suurema ava tõttu paremini märgatav.



Foto nr 18. Katse nr 4. Suuremate avadega laserlõikusega pind. Vasakul helendav paneel ja paremal fotol kustunud olekus paneel

Fotol nr 18 on valgusallikal helendades külm sinakas valgus ning väljalülitatuna valge fosfori alatooniga pind. Laserlõikuse mustri kavandamisel tuleb jälgida, et väljalõike avade vahele ei jääks liiga peen kangariba. See võib kasutuse käigus kergesti rebeneda.

3.2.5 Katse nr 5. Valgustraadi integreerimine punutise kaudu.

Viiendas katses tein proovi kas on võimalik sobitada rõivasse EL traati punutisena. Selleks valmistasin vatiinitäidisega pehmest kileimpregneerist ribad, mida on võimalik omavahel põimida koos nõõri sisse peidetud EL traadiga. Sellisel viisil on võimalik luua kangale dekoratiivseid ja mahulisi pindasid.

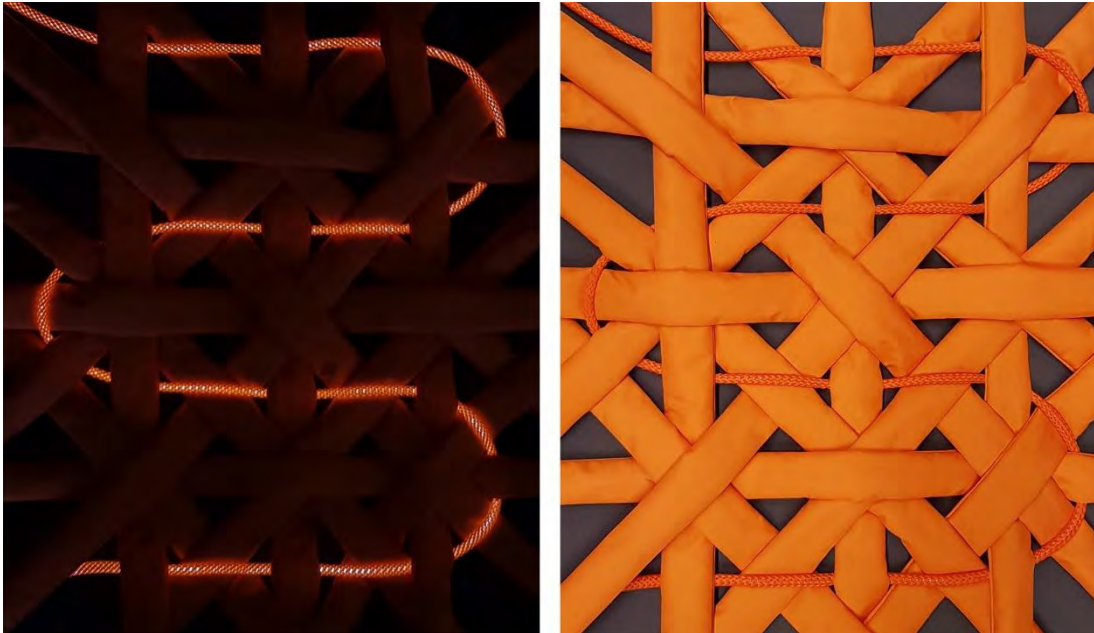


Foto nr 19. Katse nr 5. Valgusnõör punutises.

Tekkinud konstruktsioon on pehme ja vormi järgi kohanduv, kuid vajab raami sisse fikseerimist. Eeldada võib, et sarnane konstruktsioon, ei saa olla suuremõõtmeline. Vastasel juhul võib see hakata liikuma. Läbi proovitud punutise tiheda osa mõõdud on umbes 30 x 40 ja sellises suuruses konstruktsioon püsis ilusti koos. Kehtib reegel, et mida tihedam on punutis, seda jäigem on struktuur. Kuid tihedam punutis kaotab oma võluva õhulisuse. Jäigem tulemus on võimalik saavutada tugevama materjali abil, mis lubab kasutada seda tehnikat ka disaini juures, mis eeldab vormi hoidvaid detaile. Pehme materjali puhul sobivad sellised võtted pigem rippuvas asendis olevate detailide dekoreerimiseks.

Sellise lahenduse kasutamine eeldab siiski eraldi rõiva põhikonstruktsiooni pinda või siis kasutamist rõiva mõnel serva alal, kus keha katmisfunktsioon ei ole oluline või eksisteerib üksnes dekoratiivsel eesmärgil. Tehnika eeliseks on, et valgustraat on võimalik integreerida eelnevalt eraldi punutud detaili sisse ja alles siis ühendada ülejäänud rõivaga. See võimaldab ka juhtmed peita rõiva sisemisele poolele läbi õmblusavade.

3.3 Ülerõiva valmistamise protsess

Esimeseks etapiks ülerõiva valmistamisel on valida oma rõivadisainile sobiv valguse integreerimise viis. Võimalik on protsessi alustada ka vastupidisel moel, valides endale meeldivama tulemuse tekitava valguslahenduse ja seejärel leida sellega sobivad lõikelised lahendused. Oluline, et need kaks aspekti omavahel sobituksid. Mina valisin esimeseks rõivakatsetuseks alapunktis 3.2.2 kirjeldatud meetodi, sest soovisin sinisele jopele kavandada oranžist nõõrist helendava mustri.



Foto nr 20. Näidisjope, millele on lisatud EL traat. Vaade eest, küljelt ja tagant. Foto Henri Tabur.

Järgmise etapina tuleb planeerida valgusallika asukoht. Siinkohal tuleb arvestada sellega, et ülerõiva hõlmad on reeglina avatavad. Suures plaanis on tegemist ristküliku laadse pinnalaotusega, ehk siis sellel on servad. Traadiga saab liikuda servast servani mööda pinda, aga ei saa üle hüpata ühest servast teise. Seega alustasin mustri kavandamisega paremast hõlmast liikudes selja tagant vasaku hõlmani, kuhu planeerisin tasku toiteallikale. Paremast hõlmast alustasin eeldusel, et tegemist on paremakäelise kasutajaga. Rinnatasku puhul on paremakäelisel mugavam kasutada vasakul pool olevat taskut. Vasakukäelisele sellist rõivast

kavandades, oleks sobivam alustada vasakust hõlmast ja lõpetada paremaga. Mustri liikumiseks valisin õlgade ümber oleva piirkonna, mis on kõige paremini nähtav ja võimaldab muuta valgusallika nähtavaks igast küljest. Jope pealiskangaks valisin sinise lamineeritud impregneeri, vahele Thinsulate® vatiini ja aluskangaks pehme ja õhukese kileimpregneeri, ning teppisin materjalid ühtlaseks kangaks. Seejärel märkisin soovitud mustri jaoks öösi aukude asukohad ning läbistasin materjali öösiedega. Mustri kavandamisel tuleb tähelepanu pöörata traadi pikkusele ja liikumise suunale. Tuleb valida võimalikult optimaalne traadi pöördumise suund, et see ei oleks liiga järsu nurga all, mis tekitab kangas asjatuid pingeid. Ebaotstarbekas traadi liikumine toob kaasa lisa energia kulu traadi piknemise tõttu. Kui kasutada on kindla pikkusega EL traat, siis tuleks kindlasti enne öösiede löömist mõõta kavandatud mustri teekond, et see ei oleks pikem kui olemasolev traat. Seejuures peab arvestama, et EL traat liigub kerge kaarega. Minul kulus jope mustri tekitamiseks 2 m jupp EL traati. Selle oleks ka võinud ca 10 cm lühemaks teha, aga kuna oli võimalik see ots jope sisse ära peita, siis ma ei pidanud seda vajalikuks.

Valgusallika alguskoht vajab tugevat fikseerimist rõiva külge, et see ei liiguks kasutamise käigus. Selleks kinnitasin rõiva siseõmbluse külge kangast aasa, mille vahele eelnevalt õmblesin tagasi keeratud kumminööri, nii et tekiks aas. Kumminööri otsa panin väikese stopperi. EL traadi saab panna läbi selle kummiaasa ning stopperiga kindlalt fikseerida.



Foto nr 21. EL traadi alguse fikseerimine.

Kui traati on vaja suunata rõiva sisepinnal soovitud kohani, võib kasutada väikseid kangast, paelast või ka kumminöörast aasasid, mida saab siseõmblustele kinnitada.



Foto nr 22. EL traadi jooksu kinnitamine.

Teise hõlma külge, kus EL Traat lõpeb, kavandasin ja õmblesin lukuga tasku, millele jätsin väikse ava traatide sisenemiseks. Ava külge õmblesin samuti kumminööri aasa ja stopperiga kinnituse, et ka traadi lõpp oleks võimalik kindlalt fikseerida.



Foto nr 23. Tasku külge kinnitatud EL traat.

Jope sisse lisasin veel kogu konstruktsiooni katva ja vett hülgava voodri, mis on alt ja varruka otstest avatud ja kandmismugavuse tagamiseks fikseeritud paari väikse trukiga. See tagab kerge ligipääsu konstruktsioonile ning on samas piisavalt kaetud korrektse üldmulje loomiseks.



Foto nr 24. Vaade jope voodri alla.



Foto nr 25. Vaade jope sisemisele küljele koos voodriga.

Tulenevalt lõikest, ulatub minu jope vooder vaid vöökohani. Seetõttu õmblesin tasku jope põhimaterjali pahemale poole mitte voodri külge, mis on hõlma kohal küllaltki napp. Kuna vooder on alt lahti, siis pääseb taskule lihtsalt ligi. Kui tegemist on teistsuguse ülerõiva lõikega ja vooder on tunduvalt pikem, siis tuleks vooluahelat mahutav tasku konstrueerida voodri peale, et süsteemi oleks võimalik lihtsasti sisse-välja lülitada. Juhtmeid on võimalik läbi voodri tuua kas õmmeldud nõõpauguava kaudu või kui lõige seda võimaldab, ka kahe detaili õmbluse vahelt.

Meeste jopele valmistamisel kasutasin EL traadi kinnitamiseks seljale kangast riba asemel tugevat laia sünteetilist paela (katse nr 3). Selgus, et kuna traat on samuti paigaldatud sünteetilise paela sisse, siis need kaks siledat ja libedat pind ei hoia traati piisavalt tihkelt kinni. Seega sellise tehnika kasutamisel on oluline tähelepanu pöörata ka materjalide

omavahelisele haakumisele. Haakumise suurendamiseks saab paela dubleerida karedama liimiriidega. Samas jättis paela kasutamine korrektsema üldmulje, kui kangast kinnitused.

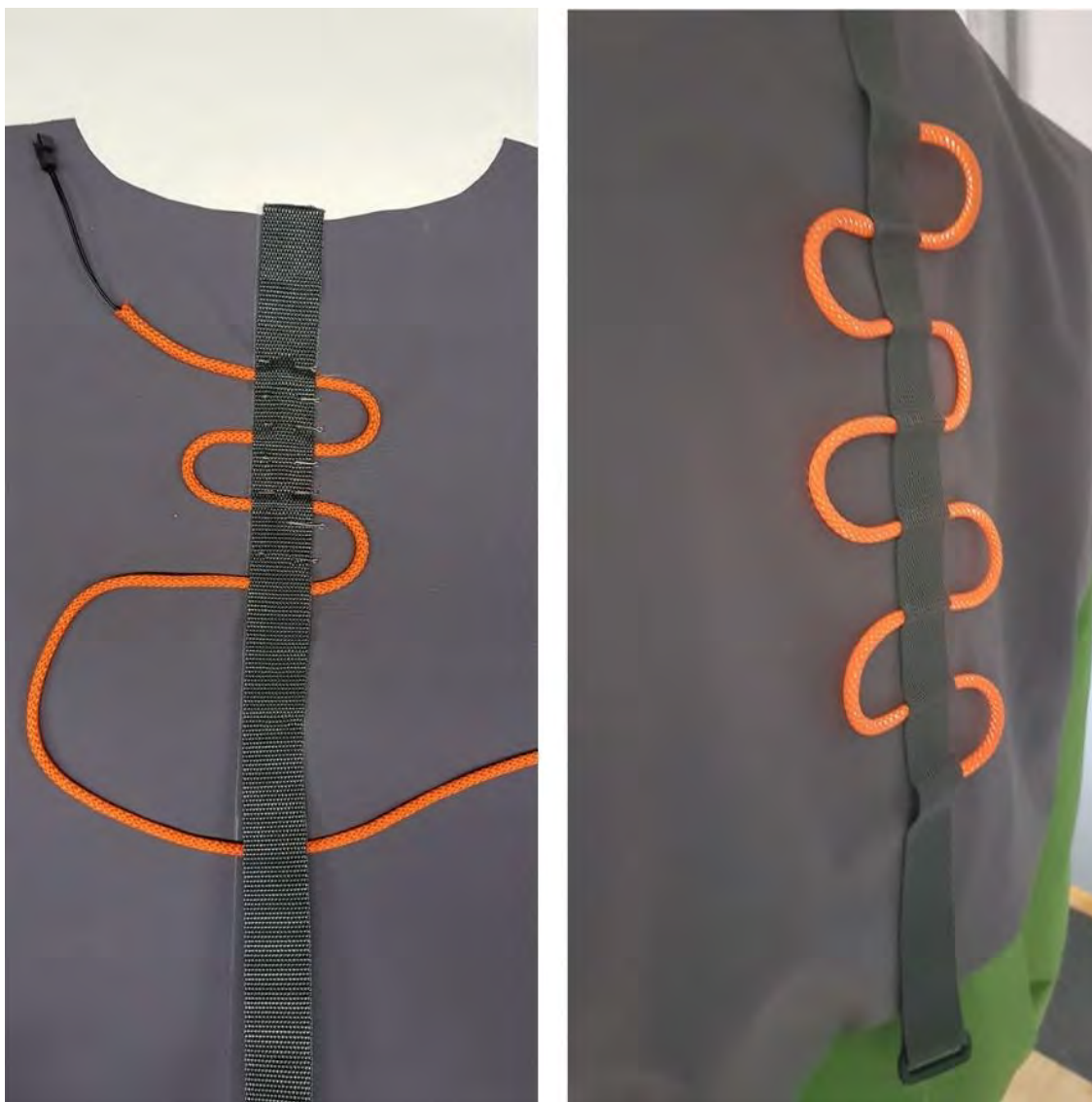


Foto nr 26. Vasakul paela integreerimise protsess meeste jopele. Paremäl fotol protsessi lõpptulemus.



Foto nr 27. Meeste jope eest ja tagant vaade. Foto Henri Tabur.

Teise naise jope valmistamisel ja valgustraadi integreerimisel kasutasin katses nr. 5 proovitud punutisega tehnikat. Selle käigus selgus, et punutise löike järgi raami õblemisel hõlbustab protsessi oluliselt abikanga kasutamine õmblusalusena, mille saab hiljem ära rebida. Vastasel juhul kipub kogu struktuur liikuma seoses tühjade vahedega ja lõikes ilmnevad ebatäpsused.



Foto nr 28. Naiste jope varruka detaili tugikanga eemaldamine.



Foto nr 29. Oranž naiste jope. Vaade eest ja tagant.

Käesolevas töös läbi proovitud võimaluste rakendusena valmib ülerõivaste kollektsioon „Lights On“, mida esitlen Mood-Performans-Tants 2022 moetendusel. Uurimistöö lisades olev fotomaterjal annab ülevaate, kuidas mõjub aktiivse valgusega ülerõivas hämaratel tänavatel, kuhu ta mõeldud on. (Lisad 3,4,5,6). Kolleksiooni kujunemist mõjutas meie piirkonna ärev olukord ja sõjaväelised kaitselemendid. Pikendatud varrukad, kapuutsid ja turvise elemendid loovad kaitstuse ja hoituse tunde, sobides sellisena hästi ka uurimistöö eesmärgiga.

4. DISAINIPROTSESSIS LÄBIVIIDUD KATSETE JÄRELDUSED

Katsetest selgus, et põhiline probleem, mis EL valguse ja ülerõiva integreerimisel tekib on valgusallika liikumine rõiva alus ja pealiskihi vahel. Iga ava, mis kangasse selleks otstarbeks tekitatakse on ühtlasi ka risk niiskuse lekkimisele aluskihtidesse. Seetõttu tuleb avadega pinnad dubleerida topelt materjaliga (katse nr 2, 4, 5) või leida lõikelised lahendused sellised, et avad on kaetud väljastpoolt (katse nr 1, 3).

Valgusallika alguse ja lõpu planeerimisel rõivasse tuleb arvestada vooluallika asukohaga. Mõistlik on vooluallikas paigutada ülerõiva hõlma küljes asuvasse taskusse, et seda oleks võimalikult hõlbus kasutada. Valgusallika toite juhe peaks jääma võimalikult vooluallika lähedale, mitte näiteks teisele kehapoolele. Minu poolt kasutatud valmiskomplektidel oli valgusallika ja inverteri vahel ca 28 cm juhe ning inverteri ja toiteallika vahel ca 95 cm juhe. Ka inverteri näol on tegemist väikse karbiga, mille hoidmiseks peab olema samuti läbimõeldud lahendus. Ehk siis otstarbekas on paigutada kogu valgusallika toiteks vajalikud tarvikud ühte taskusse. See tähendab, et sarnase valmis lahenduse kasutamisel tuleb ülerõiva disaini planeerimisel arvestada, et vahemaa valgusallika ja vooluallika vahel on maksimaalselt ca 30 cm. Alternatiivina on võimalik kasutada nii õelda pikendusjuhtmeid, või siis ka hargnevaid pikendusjuhte, kui voolutarbijaid on rohkem kui üks. Kahjuks on selline valmissüsteem veidi kohmakas, sest 95 cm juhe inverteeri ja vooluallika vahel on sellises süsteemis ebavajalikult pikk. Ideaalne oleks, kui toiteallikas ja inverter oleksid koondatud ühte seadmesse. Kahe erineva ebasobivas pikkuses juhtme asemel oleks üks ca 50-60 cm ning kogu elektrisüsteem oleks veekindel. Üksikute esemete valmistamiseks on minu poolt proovitud elektrooniline lahendus piisav, kuid suuremas koguses rõivaste tootmiseks oleks hea kaasata mõni elektroonikaga tegelev partner, kes suudaks vooluahela muuta kompaktsemaks.

Arvestades EL materjalide niiskustundlikkust tuleb veenduda ja vajadusel ka tihendada voolutarbija mõlema otsa isolatsioone. El traate on lihtne tangidega sobivasse pikkusesse lõigata, kuid ots tuleks hermeetiliselt isoleerida. Selleks on saadaval vastavalt traadi mõõdule sobivad kapslid. Kapsli kadumise vältimiseks võib selle kinnitada näiteks mõne jalanõudele mõeldud veekindla elastse ja tugeva liimiga.

Elektroluminestsents valgus ei ole väga tugevalt valgust kiirgav, seega tuleb kattematerjali valida hoolikalt, et valgus mõjule pääseks. Kasutades nõõri kesta, peaks see olema piisavalt õhuke, et valgus läbi kumaks. Kõik heledad materjalid peegeldavad valgust paremini ja tumedad materjalid neelavad valgust. Seda aspekti tuleks jälgida ja disainiprotsessis arvestada nii EL traadi kattematerjali valides, kui ka rõivamaterjali heledumedes astet valides. See mängib suurt rolli juhul kui disaini eesmärgiks on rõivapinnalt peegelduv valgus.

Keeruline on üheselt hinnata, kui tugev peaks olema rõivastes kasutatav valgustus. Ühest küljest mida tugevam on valgus, seda paremini on kandja nähtav, kuid teisest küljest peab see kasutajale ka mugav olema. Uuringus läbiviidud katsetuste põhjal valmis jope (LISA 3), millega viisin läbi visuaalse katse, et selgitada kui kaugelt on võimalik märgata sinna integreeritud tulesid. Katse läbiviimiseks valisin linnalähedase (Raadi lennuvälja alale jääva) tee, kus ei olnud otsest tänavavalgustust. Katse viisime läbi koos teise isikuga moel, et üks inimene jäi paigale ja teine, seljas jope ja käes telefon, mille rakendus luges kõnnitud meetreid, eemaldus paigal seisjast. Hetkel kui paigal seisja kaotas pilkkontakti kõndija tuledega, andis ta sellest telefonis märku ja kõndija fikseeris vahemaa. Selleks oli 100 m. 50 km/h sõitva auto peatumiseks kulub 20-30 m, 90 km/h liikuva auto puhul, aga vähemalt samapalju meetreid, kui on auto kiirus.²⁹ Halbade teeolude korral enamgi. Seega ei pruugi maantee liiklusoludes õnnetuse ära hoidmiseks ainult sellisest valgustusest piisata. Samas linna tingimustes ja eriti kergliiklusteedel, kus kiirused on väiksemad ja reageerimisaeg pikem, on selline rõivaese vägagi funktsionaalne. Jalakäija on paremini nähtav tänu aktiivsele valgusallikale ja ka kergliiklusvahendi kasutaja, kandes sellist rõivaeset muutub paremini märgatavaks. Kindlasti on siin ruumi teema edasiseks uurimiseks ja katsetamiseks, et leida valgustugevuse optimaalne vahekord nähtavuse ja kandmismugavuse vahel.

Antud töö raames läbiviidud katsed ei pretendeeri lõplikule tulemusele, kuidas on võimalik valgustehnoloogia ja ülerõivas ühendada, vaid pakub välja uudsemaid või autori esteetikaga sobivamaid valgusefekte tekitavaid meetodeid. Kahtlemata on võimalik siin edasi liikuda, sõltuvalt disaineri ootustest ja nägemustest.

Käesolevas töös läbi proovitud võimaluste rakendusena valmib ülerõivaste kollektsioon, mis tuleb esitlusele Mood-Performans-Tants 2022 moeetendusel.

²⁹ Liikluskasvatus.ee. *Kiirus*. [WWW] Allikas: Liikluskasvatus.ee:
<https://www.liikluskasvatus.ee/et/taiskasvanule/2/soidukijuht-ja-soitja/kiirus> (28. 04 2022)

KOKKUVÕTE

Rõivaste ja valguse ühendamise ideega on mängitud juba 10 aastat. Mõningane läbimurre on toimunud ja maailmast võib leida ka juba kasutusvalmis funktsionaalseid esemeid. Siiski ei ole sellised lahendused jõudnud masstootmisesse vaid on jäänud üksikute entusiastide niššitoodeteks. Oma töö põhjal järeldan, et valgustusega integreeritud rõivad, mis on ka emotsioone pakkvalt esteetilised on väga ressursimahukad nii kavandamise kui tootmise seisukohalt. Üks suuremaid sellel alal eesseisvaid väljakutseid on tarbijaskonna harimine seoses täiesti uut käsitlust nõudva rõivaeseme kasutamise. Elektroonilised komponendid nõuavad elektroonika käsitlemise tähelepanelikkust ja kantav tekstiil jällegi eeldab eseme puhastusvõimalust. Oma töös lahendasin selle eemaldatava elektroonilise osaga, kuid erilahendusena on siingi võimalik arendada kogu valgustussüsteem veekindlaks kuni toiteallikani. See võimaldaks toodet muretult märgpuhastada. Keerulise ja hooldust nõudva toote puhul näen, et kuni tüüplahendusteni jõudmiseni võiks sellise toote tarbijaskond igakülgse toe saamiseks asuda pigem tootja läheduses ja/või olema valmis kasutama käelisi oskusi ning juhendmaterjali nii hoolduseks kui utiliseerimiseks.

Tänapäeva maailmas on möödapääsmatu mõelda ka toote keskkonnasõbralikkusele. Ressursside ümbertöötlemise seisukohalt on oluline, et elektroonika oleks rõivast võimalik eemaldada või ka vajadusel parandada või asendada. Sellest vaatevinklist on lihtsalt eraldatavate komponentidega tootel eelised võrreldes näiteks e-embroidery tehnikaga või juba kangasse kootavate valguskiududega, sest integreeritud elektroonika saab kerge vaevaga eemaldada või asendada.

Täpsemat uurimist ja kaardistamist vajab antud valdkonnas veel tasakaalu leidmine rõivastesse integreeritava vajaduspõhise valguse ja mugavusvalguse vahel. Mina kasutasin oma töös turult lihtsasti kättesaadavaid elektroluminestsents valmis valguslahendusi. Kompaktsemad lahendused elektriühenduste ja toitesüsteemide osas võimaldaksid süsteemid muuta lihtsamini kasutatavaks ja kaalult kergemaks. Ülerõivale mõeldud valguslahenduse puhul oleks vajalik kasutada just selleks otstarbeks mõeldud niiskuskindlaid elektriühenduste süsteeme. See muudaks nii toote puhastuse kui kasutuse mugavamaks ning ohutumaks.

Targad, funktsionaalsed tekstiilid on tulnud selleks et jääda. Tõenäoliselt kannavad meie rõivad tulevikus rohkem funktsioone kui me hetkel arvatagi oskame, olles nii meie kaitsjad kui jälgijad.

SUMMARY

Textiles with Function. Connecting Light Technology and Fashion Design Through Outerwear

Within the Estonian climate, where active moving happens in the dark for more than half of the year, one must constantly take care of being visible. Pedestrians illuminated by reflectors can only be noticed once the reflectors are directly illuminated, but that may be too late. There are situations where passive protection is insufficient – for example in bad weather conditions, in dim lighting and during dawn. An increasingly large issue is the increase in the amount and velocity of small vehicles such as bicycles and scooters in pedestrian walking areas. This necessitates making the road users in those areas more visible to each other.

The purpose of my thesis is to add a lighting function to outerwear in order to improve safe commuting. The wearer of such outerwear is more visible in traffic. Lighting that is integrated into outerwear with a clever design allows for raising safety in accordance to the weather at any place or time. The purpose of the study is to find the appropriate lighting technology and a way to integrate it for the making of outerwear made of aesthetic and practical textiles. Therein I also take into account the capacity and reasonable cost limits of a small-scale manufacturer so that the thesis would have a reasonably applicable result. In the thesis I look into what kind of light technology is functional on our latitude, taking into account both functionality and clothing maintenance. In addition, I look into how this technology can be integrated into clothing in such a way that, once the technology or piece of clothing has worn out, they can be separated from one another and/or replaced while keeping an aesthetic end result in mind. Functional clothing will become more and more important in the future due to a lack of materials and smart consuming (one item, several applications). People need clothing regardless. Therefore it is a useful base upon which to integrate functions useful and necessary to the body. In the first chapter I discuss traffic safety. In the second chapter I examine the issues of connecting light technology and textiles from a broader perspective and also in light of the conditions set upon outerwear. I introduce more closely the development of lighting technology from the aspect of their integration to outerwear. I explain the nature and history of different lighting technologies. In the third

chapter, which handles the practical side of the thesis, I make grounded choices regarding what materials to use. I test five different methods of integrating lighting technology and textiles in order to find the fitting and optimal design solutions for the integration of lighting technology in the given circumstances. In the fourth chapter I make summaries and conclusions regarding the completed design process.

As a result of the experiments conducted during the thesis process, a collection of outerwear will be made, into which lighting technology that is suitable to their design and functionality will be integrated. This will make the commuter more visible, is practical in terms of applicability and functionality and also offers new aesthetic experiences. As an application of the possibilities tested in this thesis, a collection of outerwear will be made which will be presented at the Mood-Performans-Tants 2022 fashion show.

The idea of connecting clothing and light has already been played with for more than ten years. Some breakthroughs have been made and some functional items can already be found in the world market. However, these solutions have not reached mass production, but have remained as the niche products of a few enthusiasts. Based on my thesis, I conclude that clothing integrated with lighting that brings out an emotional response is very resource-intensive both from a manufacturing and planning perspective. One of the greatest challenges in this area is the educating of consumers regarding a piece of clothing that requires a completely new way of handling. Electric components require the care appropriate to electronics and the textiles again assume the item is washable. In my thesis I solved this problem with a removable electronic part, but as a special solution it is also possible to develop the entire lighting system to be waterproof down to the power source. This would enable the product to be wet-cleaned with ease. With a complex product requiring maintenance I see that until a universal solution can be found, the consumers of such a product should be located in the vicinity of the manufacturer and/or be ready to use fine motor skills and instruction manuals for both maintenance and use.

In today's world it is impossible not to think about the eco-friendly aspects of products. From the perspective of reusing resources, it is important that it would be possible to remove the electronics from the fabric or, where necessary, repair or replace them. From this point of view, products with easily removable components have an advantage to the e-embroidery technique or to light fibers woven into fabrics, because integrated electronics can be removed or replaced with ease.

Further study is needed in the current field regarding finding a balance between essential lighting and comfort lighting. In my thesis work, I used completed electroluminescent solutions easily accessible from the market.

More compact solutions regarding electrical connections and power systems could enable the systems to be made more applicable and lightweight. For lighting solutions intended for outerwear, it would be necessary to use humidity-proof electronic connection systems designed specifically for that purpose. This would make both the cleaning and use of the product safer and more comfortable.

Smart, functional fabrics have come to stay. Our clothes will probably carry more functions in the future than we can even imagine right now, serving by protecting us and monitoring our bodies.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Auber, David. (kuupäev puudub). *Effective, Empowering and Life-Changing New blue light therapy with Philips BlueControl – a big step for psoriasis treatment and patients' lives*. [On-line] Allikas: Philips: <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/blogs/innovation-matters/focus-on-patients.html> (11.05.2022)
- Cinquino, M. P. (2021). Light-Emitting Textiles: Device Architectures, Working Principles, and Applications. *Micromachines*, 12(6), 652. MDPI AG. [Online] Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/mi12060652> (28.02.2022).
- El-Fanagely, A. E.-S. (11. 2022. a.). The importance of digital lightening fashion technique in creating innovative fashion marketing. *International Design Journal, Volume 12, Issue 1, pp 119-136*. [Online] https://idj.journals.ekb.eg/article_210323_54088bba39679532faa5a68d57a137a4.pdf (28.03.2022).
- Ellumiglow. (16. 11 2018. a.). *Lighting Technology blog*. [WWW] Allikas: Ellumiglow: <https://www.ellumiglow.com/blog/the-history-and-differences-between-led-strip-lighting-and-laser-wire> (29.03.2022)
- EV Transpordiamet. *Uuring. Liiklemine pimedal ajal, liikluskasvatus, tee ületamine.12/2021*. [WWW] Allikas: Transpordiamet: <https://transpordiamet.ee/uuringud#liiklusohutus> (21. 03 2022)
- EV Transpordiamet. *Uuringud. Jalgratta ja elektritõukerattaga liiklemine. Transpordiamet 09/2021*. [WWW] Allikas: Transpordiamet: <https://transpordiamet.ee/uuringud#liiklusohutus> (21. 03 2022)
- Fibre@Fashion. (kuupäev puudub). *Light Emitting Textiles And Clothing Heads For Commercial Usage*. [On-line] Allikas: Technical Textile.net: <https://technicaltextile.net/articles/light-emitting-textiles-and-clothing-5270> (28.03.2022)
- Hafez, N. M., Mohamed, S. S., & Mustafa, B. S. (24. 10 2017. a.). Effects of Integrating Light Emitting Diode (LED) on Different Fabrics Properties Used for Fashion Design . *International Design Journal, Volume 7, Issue 4, pp 393-408*. [Online] https://idj.journals.ekb.eg/article_87083.html (01.05.2022).

- Liikluskasvatus.ee. *Kiirus*. [WWW] Allikas: Liikluskasvatus.ee:
<https://www.liikluskasvatus.ee/et/taiskasvanule/2/soidukijuht-ja-soitja/kiirus>(28. 04 2022)
- Liikluskasvatus.ee. Enda nähtavaks tegemine.[WWW] Allikas: Liikluskasvatus.ee:
<https://www.liikluskasvatus.ee/et/taiskasvanule/1/jalakaija/enda-nahtavaks-tegemine> (27. 04 2022)
- LPR Magazine. (07. 10 2016. a.). *Lighting Fabrics - A New Approach for Flexible Light Sources*. [Online] Allikas: The Global Information Hub for Lighting Technologies and Design: <https://www.led-professional.com/resources-1/articles/lighting-fabrics-a-new-approach-for-flexible-light-sources> (31.03.2022)
- Oidermaa, J.-J. (20. 03 2019. a.). *Novaator*. [Online] Allikas: ERR:
<https://novaator.err.ee/921807/eesti-ood-muutuvad-uha-valgemaks-ja-sinisemaks> (30.03.2022)
- Riigikogu. *Liiklusseadus*. [WWW] Allikas: Riigi Teataja:
<https://www.riigiteataja.ee/akt/117032011021> (21. 03 2022)
- Trend Force Corp. (08. 02 2022. a.). *Development of “Upward-lighting Multicolor LEDs”:* *small, high brightness LED packages that have an improved color mixing property*. [Online] Allikas: LEDinside:
https://www.ledinside.com/products/2022/2/development_upward (28.04.2022)
- Trend Force Corp. *Ledinsaide*. [WWW] Allikas: Ledinsaide: <https://www.ledinside.com/> (29. 04 2022)
- WEGLIŃSKA, I.. *IGA WEGLIŃSKA*. [WWW] Allikas: <https://igaweglinska.com/> (07. 02 2022)

Näited LED valgusega valmistoodetest.



Foto pärit lehelt: <https://www.fashionstatement.com/light-up-t-shirts/>



Foto pärit lehelt: <https://ckl.uk.com/shop/sportswear/sports-cycling/highlight-hooded-led-jacket/>

Näide personaaltellimusel tehtavast T-särgist.



Foto pärit lehelt: <https://www.fashionstatement.com/light-up-t-shirts/>

Kollektsioon „Lights On“ sinine naiste jope.



Foto: Signe Milkov



Foto: Kuldar Saaremäe



Foto: Signe Milkov

Kollektsioon „Lights On“ meeste jope. Fotod: Signe Milkov





Kollektsioon „Lights On“ oranž naiste jope. Fotod: Signe Milkov





Kollektsioon „Lights On“. Fotod Signe Milkov



