



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

# ÜLEKÄIGURADADE VALGUSTUSE MÕÕTEPROTOKOLLI VÄLJATÖÖTAMINE JA ANALÜÜS.

Bakalaureusetöö

Õppetooli juhataja: prof. Mart Tamre

Juhendaja: Toivo Varjas

Lõpetaja: Markus Felert

## AUTORIDEKLARATSIOON

Kinnitan, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus. Kõik selle koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud. Varem ei ole selle alusel kutse- ega teaduskraadi ega inseneridiplomit taotletud. Töö on koostatud litsenseeritud tarkvara abil.

Tallinn, 03.01.2019

..... Markus Felert

TTÜ inseneriteaduskond

**BSc LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Markus Felert, 120744MAHB

Õppekava: MAHB09

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Toivo Varjas

**Lõputöö teema:**

Ülekäiguradade valgustuse mõõteprotokolli väljatöötamine ja analüüs.

Development and analysis of measuring protocol of the pedestrian crossing lighting.

**Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Üldist materjali kogunemine.	20.10.2018
2.	Erinevate valgustite testimine	30.10.2018
3.	Mõõteprotokolli väljatöötamine	15.11.2018
4.	Lõputöö vormistamine	10.12.2018

**Lahendatavad inseneritehnilised ja majanduslikud probleemid:** Töö eesmärgiks on ülekäiguradade valgustuse analüüs

**Täiendavad märkused ja nõuded:**

**Töö keel:** Eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 17.12.2018

**Töö esitamise tähtaeg** 3.01.2019

**Üliõpilane:** Markus Felert

/allkiri/ .....

kuupäev 16.10.2018

**Juhendaja:** Toivo Varjas

/allkiri/ .....

kuupäev 16.10.2018

# SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS.....	6
2	LIIKLUSOHUTUSE MEETMED .....	7
	2.1 Töös kasutatud mõisted.....	7
	2.2 Töös kasutatud tähised .....	8
	2.3 Liiklusõnnetused jalakäiatega 2017 aastal.....	8
2	VALGUSTUS.....	10
3	SILMA ADAPTATSIOON .....	11
4	AUTODE VALGUSTUS.....	12
	4.2 Esituled.....	12
	5.2 Lähi- ja kaugtuli .....	12
	5.2.1 Lähituli .....	12
	5.2.2 Kaugtuli.....	13
5	ÜLEKÄIGURADEL KASUTATAVAD VALGUSALLIKAD .....	14
	6.1 Valgustite optiline süsteem .....	14
	6.2 Värvsüsteemtemperatuur .....	14
	6.3 Valgustite kaitseaste .....	14
	6.4 Ülekäiguradade valgustid.....	14
7	ÕNNETUSJUHTUMITE PÕHJUSED.....	17
	7.1 Õnnetusjuhtumite inimlikud ja majanduslikud faktorid:.....	17
	7.2.1 Puudub valgustus .....	17
	7.2.2 Ebapiisav valgustus.....	17
	7.2.3 Kontrasti puudus .....	18
	7.2.4 Pimestav valgustus .....	18
	7.1.5 Vale valgustite paigaldus .....	19
	7.1.6 Muud põhjused .....	19

8	ÜLEKÄIGURADADE VALGUSTUS .....	20
9.	MÄRGID ÜLEKÄIGURADA ERISTAMISEKS JA MÄRGISTAMISEKS .....	22
9.1	Leedvalgusmärgid .....	22
9.2	Täristi .....	22
9.3	Künnise kaldpinnad.....	23
10.	Ülekäiguradade tüübid.....	24
11.	ÜLEKÄIGURADADE VALGUSTUSE PAIGALDUSKEEM STANDARDI JÄRGI .....	26
12.	UURIMUSE METOODIKA JA EESMÄRK .....	28
12.1	Uurimuse meetodika .....	28
13.	VALGUSTUSE MÕÕTMISE PROTSESS .....	29
14.	MÕÕTEPROTOKOLL.....	31
	KOKKUVÕTE .....	37
	ZUSAMMENFASSUNG .....	39
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	40
	LISAD .....	41

# 1. SISSEJUHATUS

Koos elutaseme tõusega, rohkem ja rohkem inimesi kasutavad liikumiseks autosid. Liiklustihedus on kasvanud nii suureks, et autojuhil on raske märgata, mis toimub ülekäiguradadel ja selle ümbruses. Kõige raskem on jalakäijad tuvastada pimedal ajal. Kuigi sõltub nende nähtavus mitmest faktoritest: valgusreklami mis püüab pilku, riietuse värv, valgustus, vihm, lumi, autode tuli ja lisavalgustus. Sõidukite valgustusseadmed ja ülekäiguradade valgustus mängivad olulist rolli juhi ja teiste liiklejate ohutuse tagamiseks.

Õnnetusjuhtumite oht öösel on kolm korda suurem kui päeval, üle 40% surmaga lõppenud õnnetustest tehakse pimedal ajal, hoolimata asjaolust, et öösel liigub ainult 20% kõikidest sõidukitest.

Autode ja nende komponentide tootjad töötavad välja uusi tehnoloogiaid, pakkudes laiemat valikut autotulede vaslikus selleks, et teha liikumine pimedal ajal oluliselt ohutumaks. Samal ajal mõeldakse välja ka ülekäiguradadele uued valgustamise viisid. Tehakse ülekäiguradade valgustatuse mõõtmised ja selle järgi otsitakse lahendused valgustamise parandamiseks. Uuritakse õnnetusjuhtumeid ja nende tekkimise põhjused, selleks et elimineerida tehnilise valgustuse probleeme.

Selle töö eesmärgiks on ülekäiguradade valgustuse mõõteprotokolli väljatöötamine ja analüüs. Lõputöös ei võeta erinevaid kontraste arvesse, vaid teostatakse valgusarvutused kuiva asfaltkattega sõiduteedel. Aastast 2017 on Eestis olemas standardid EVS 935-1:2017 „Jalakäijate ülekäiguradade valgustamine lisavalgustusega Osa 1: Kvaliteedi üldnäitajad ja juhisväärtused“ ning EVS 9352:2017 „Jalakäijate ülekäiguradade valgustamine lisavalgustusega Osa 2: Arvutamine ja mõõtmine. Kui valgustada ülekäiguradu lisavalgustitega, siis juhindutakse nendest standarditest. Kui lisavalgustus puudub tuleb juhinduda ülekäiguradade valgustamisel konfliktpiirkondade nõuetest.

Ülekäiguradade konfliktpiirkonnad nõuavad erilist tähelepanu autojuhtidelt ja seetõttu nähakse ette kõrgema heledusega valgustust.

Ülekäigurajad peavad olema valgustatud, selleks et ka öösel või pimedal ajal ja märja asfaltkattega ülekäigurajal ja ootepiirkonnal oleks mõlemast suunast jalakäijaid eristatavad.

Olemasolevad standardid nõuavad, et valgusarvutused ülekäiguradadel oleksid teostatud arvestades üksnes valgust mida annavad ülekäigurajavalgustid. Lõputöös tehakse arvutused võttes arvesse sõidutee- ja ülekäigurajavalgusteid.

## 2 LIIKLUSOHUTUSE MEETMED

### 2.1 Töös kasutatud mõisted

**Halb nähtavus** on ilmast või muudest nähtustest (udu, vihm, lumesadu, tuisk, hämarus, suits, tolm, vee- ja poripritimed, vastupäike) tingitud ajutine olukord, kui teel vaadeldavat objekti ei ole võimalik taustast eristada kaugemalt kui 300 meetrit; (Liiklusseadus §2)

**Jalakäija** on jalgsi või ratastoolis liikleja. Jalakäijaks loetakse ka rula, rulluiske või suuski, tõukeratast või -kelku või muid sellesarnaseid abivahendeid kasutav liikleja; (Liiklusseadus §2)

**Liikleja** on isik, kes osaleb liikluses jalakäija või juhina (Liiklusseadus §2).

**Liiklus** on jalakäija(te) või sõiduki(te) liikumine ja paiknemine teel. Liikluseks loetakse ka kariloomade ajamist ja ratsutamist. (Liiklusseadus §2)

**Liiklusõnnetus** on juhtum, kus vähemalt ühe sõiduki teel liikumise või teelt väljasõidu tagajärjel saab inimene vigastada, surma või tekib varaline kahju. (Liiklusseadus §2)

**Ohutussaar** on jalakäijate ohutust sõidutee ületamisel suurendav teerajatis Pimeda aeg on ajavahemik ehast koiduni, kui loodusliku valguse vähesuse tõttu on nähtavus alla 300 meetri. (Liiklusseadus §2)

**Ülekäigurada** on jalakäijale sõidutee, jalgrattatee või trammitee ületamiseks ettenähtud asjakohaste liiklusmärkide või teekattemärgisega tähistatud sõidutee, jalgrattatee või trammitee osa, kus juht on kohustatud andma jalakäijale teed. Ülekäigurada on reguleeritav, kui liiklejate liikumise järjekorra määravad foorituled või reguleerija märguanded. Muul juhul on ülekäigurada reguleerimata. Ülekäigurajal võib sõidutee ületada jalgrattaga või tasakaaluliikuriga sõites, kuid sel juhul ei ole reguleerimata ülekäigurajal jalgratturil ega tasakaaluliikuri juhil sõidukijuhi suhtes eesõigust, välja arvatud juhul, kui jalgrattur või tasakaaluliikuri juht ületab ülekäigurajal sõiduteed, millele sõidukijuht pöörab. Ülekäigurajal sõiduteed ületades ei tohi jalgrattur ega tasakaaluliikuri juht ohustada sõiduteed ületavat jalakäija (Liiklusseadus §2).

**Liiklusõnnetus** on juhtum, kus vähemalt ühe mootorsõiduki liikumise tagajärjel sai kannatada inimene või tekitati varaline kahju (Liiklusseadus §2).

**Valgusti** (luminaire) on seade, mis jaotab, filtreerib valgusallika valgust ja mis sisaldab peale valgusallika kõiki osi, mis on vajalikud lampide kinnitamiseks, kaitseks ning vooluahelaga ühendamiseks. (Tamm, 2008)

**Valgustustihedus** (illuminance) on pinnaelemendile langeva valgusvoo  $\Phi$  ja selle elemendi pindala  $S$  jagatis. Valgustustiheduse ühikuks on luks (lx). (Tamm, 2008)

**Adaptatsioon** on silma võrkkesta omaduste ja silmaava läbimõõdu muutumine sõltuvalt valgustuste tugevusest. (Tamm, 2008)

**Readaptatsioon** on üleminek päevasele nägemisele. (Tamm, 2008)

**Valgustustiheduse hooldeväärtus** ( $\bar{E}_m$ ) - väärtus, millest allapoole antud pinna keskmine valgustustihedus ei tohi langeda. [17]

## 2.2 Töös kasutatud tähised

$L_x$  – luks,

$\lambda$  - on lainepikkus m,

$c$  – on valguse kiirus m/s,

$\nu$  - on kiirguse sagedus Hz,

$\Phi$  - on valgusvoog,

$E_{\min}$  – on vähimvalgustustihedus.

$E_{\max}$  - on suurim valgustustihedus.

## 2.3 Liiklusõnnetused jalakäiatega 2017 aastal

Statistika andmetest viiendik liiklusõnnetustes hukkunutest 2017 aastal olid jalakäijad. Neli õnnetust jalakäijatega juhtus aasta kahe esimese kuu jooksul ning ülejäänud alates 19. septembrist kuni aasta lõpuni. Sagedamini juhtuvad õnnetused linna keskkonnas. Sealhulgas leiab juhtumeid, kus juhid olid joobes. Jalakäijad sattusid linnas õnnetusse, kui ületasid teed selleks mitte ettenähtud kohas, kuid lähedal olid olemas ülekäigurajad. Õnnetuse puhul on oluline ka see, et jalakäijale otsa sõitnud sõiduauto liikus kiirusega, mis ületas oluliselt lubatud suurimat sõidukiirust. Seitsmes linnades juhtunud liiklusõnnetustest kolm leidsid aset pimedal ajal ja liiklejad kasutasid helkurit. Maanteel juhtus jalakäijaga kaks õnnetust, mõlemad õnnetused toimusid pimedal ajal: üks hommikul, teine õhtul. Ühel juhul sattus õnnetusse teed ületanud jalakäija, kes kasutas helkurit ja taskulampi ning ka tee oli valgustatud. Liiklusõnnetuse toimumist soodustas väga lai sõidutee ja jalakäija pidi ületama neli



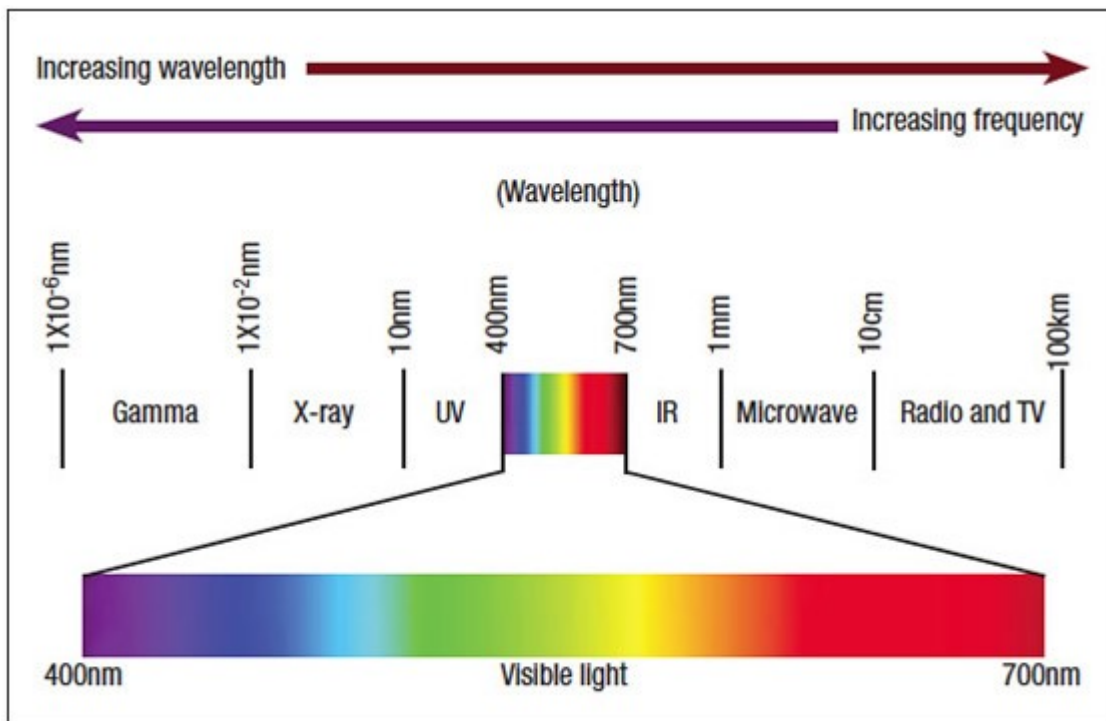
sõidurada. Teine õnnetus juhtus teel, mis on eraldusribaga, kummaski sõidusuunas kahe sõidurajaga teel ja õnnetusse sattunud jalakäijat sõitis üle mitu sõidukit [10].

“Hukkunud jalakäijate arvu vähenemist 2017. aastal võis minu arvates mõjutada see, et keskkond on jalakäija jaoks ohutum. Veidi on paranenud jalakäijate teadlikkus. Pimedal ajal tehakse end nähtavamaks, nii kergekäeliselt ei minda vales kohas üle tee. Siin kindlasti mõjutab liikluse intensiivsus, kui sõidukeid on rohkem, siis inimene ei julge nii palju riskida.” [10].

### 3 VALGUSTUS

Nähtav valgus on üks paljudest elektromagneetilisest kiirgustest, mis meid ümbritsevad. Kiirguse lainepikkus arvutatakse (vaata valemid 3.1), kus  $\lambda$  on lainepikkus meetrites,  $c$  – valguse kiirus meetrites sekundis ja  $\nu$  – kiirguse sagedus hertsides. Kuna lainepikkus on väga pikk, puutume kokku väga väikese osaga elektromagneetilisest kiirgusaspektist, nähtava kiirguse osaga (vt. (sele 3.1)). Kindla sagedusega valgust nimetatakse monokromaatiliseks. Valguse monokromaatiliste komponentide summa moodustab valguse spektri, mis jagatakse silma tajutavate värvide järgi seitsmeks alaks [1].

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (3.1)$$



Sele 3.1 Nähtava kiirguse spekter [16].

**Valgusti** - toimiv seade, mis jaotab, filtreerib või muundab ühe või mitme lambi valgust ja on varustatud lampide, paigaldusseadmete ning elektrikomponentidega, mis vajalikud seadme normaalseks tööks ja/ või juhtimiseks.[1]

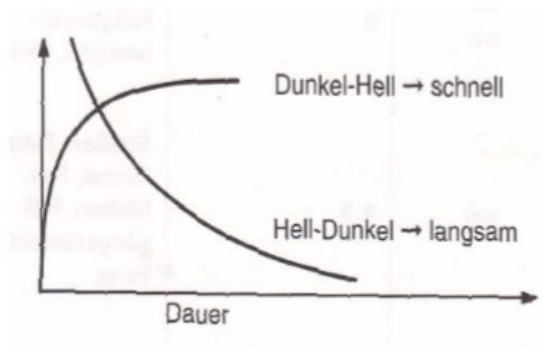
**Lamp** on optilise, enamasti nähtava kiirguse tekitamiseks valmistatud allikas. Lamp on välja töötatud (kunstlik) valgusallikas, mis koosneb valgust tootvast elemendist ümbritsevast klaaskolvist, metallkannast, mis kindlustab elektrikontakti ja kaitseb lambikannas lampi ennast. [1]

## 4 SILMA ADAPTATSIOON

**Adaptatsioon** on silma võrkkesta omaduste ja silmaava läbimõõdu muutumine sõltuvalt valgustuste tugevusest. Nägemine öösel ja päeval erineb, seetõttu on erinev adaptatsiooni ja readaptatsiooni aeg (vt. Joonis. 4.1).

Pimedas avaneb silmaava täielikult ja silma tundlikkus suureneb, kuigi nägemisteravus ja värvinägemisvõime vähenevad. Silm adapteerub sõltuvalt vanusest keskmiselt 15 kuni 30 minuti, mõnedel inimestel ka alles 60 minuti jooksul.[1]

**Readaptatsioon** on üleminek päevasele nägemisele. Readaptatsioon toimub kiiremini – 4 kuni 7 minutiga, kuna kolvikeste ja kepikete adaptatsioonikiirus on täiesti erisugune. Kolvikeste maksimaalne tundlikkus taastub 4 kuni 7 minutiga, kepikete oma aga 30 kuni 45 minutiga või kauemgi, kuna kepikesed on valguse suhtes tundlikumad.[1]



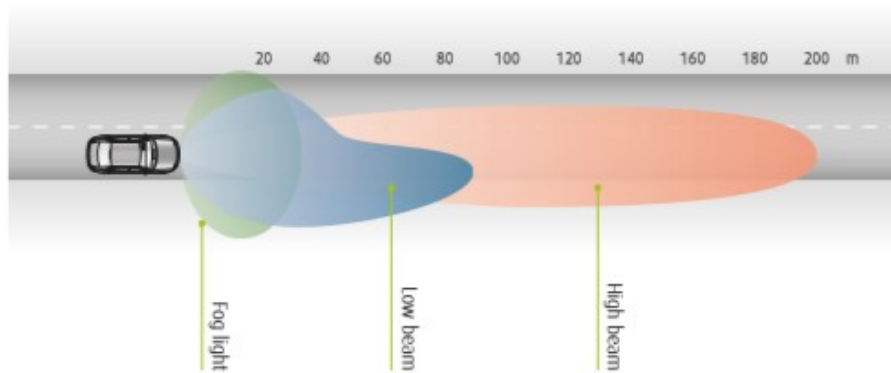
Joonis 4.1 Adaptatsiooni ja readaptatsiooni aeg

Autojuht, kes sõidab heledast keskkonnast pimedasse ei saa kohe hinnata olukorda õigesti. Adaptatsiooni aja jooksul, sõltuvalt liikumise kiirusest, võib autojuht mööduda mõne kilomeetri ja selle teepikkuse jooksul võivad mõned teemärgid jääda märkamata. Selliste olukordade vähendamiseks ehk adaptatsioonide ja readaptatsioonide ajade minimiseerimiseks tuleb neis lõikudes arvestada, et ülekäigurajadele on vajalik paigaldada sobivad valgustid.

## 5 AUTODE VALGUSTUS

### 5.1 Esituled

Inimeste nähtavus ülekäigurajal on põhiline osa ohutumaks liikumiseks. Hea esivalgustuse funktsioon tagab maksimaalse nähtavuse minimaalsete ebamugavustega teiste liiklejatele. Esituled on tavaliselt standardsed, mis määravad valguse projektsiooni taset ja valgustatuse piire. Alloleval pildil võib näha kolm valgustuse varianti: lähituled, kaugtuled ja udutuled(vt. Joonis 5.1) [2].



Joonis 5.1 Esitule valguse projektsioon [11]

### 5.2 Lähi- ja kaugtuli

#### 5.2.1 Lähituli

Kuna kiirused on üldjuhul väiksemad, valgustatakse sõiduki läheduses olevat ala, see annab võimaluse paremini näha, mis toimub auto ees. Lähituli valgustab teed kuni 60m kauguseni. Tulede valgusvihk ei ole sümmeetriline, vaid tee ääred on rohkem valgustatud (vt. Joonis 5.1), sest tee ääres võib varitseda suurem oht ja lisaks ei pimestata nii palju vastu tulevaid autosid. [2].



Joonis 5.1 Ebasümmeetriline lähituli [2].

### 5.2.2 Kaugtuli

Aegsalt inimeste märkamise annab juhile pimedal ajal võimalust õigesti reageerida. Kaugtuli valgustamisel võib näha üle 150m. Kaugtuli ei ole sümmeetriline vaid valgustab ka mõlemat tee äärt. Kuna kiirused on mõnevõrra suuremad, siis valgustatakse just sõidukist eespool asetsevat pikemat ala (vt. Joonis 5.6). [2].



Joonis 5.6 Kaugtuli valgustus [2].

## 6 ÜLEKÄIGURADADEL KASUTATAVAD VALGUSALLIKAD

### 6.1 Valgustite optiline süsteem

Ülekäiguradade valgustamiseks ja sõiduteede valgustamiseks kasutatakse valgusteid, millel optiline süsteem on erinev. Ülekäiguradade valgustite valgusjaotus on ühepoolse asümmeetriaga ja suunatud valdavalt ette ja ühele poole kõrvale. Aga teedel kasutatavatel valgustitel kasutatakse kahepoolset asümmeetrilist valgusjaotust, see aga võib olla ka erinevate valgusjaotusvõimalustega. [18]

### 6.2 Värvustemperatuur

Ülekäigurajavalgustid võivad erineda värvustemperatuuri poolest. Ülekäigurajavalgustite värvustemperatuur ei ole kindlaks määratud. Võib kasutada sõiduteevalgustite värvustemperatuurist kõrgema värvustemperatuuriga valgusteid, et ülekäigurada esile tuua, kuid võib kasutada ka lihtsalt võimsamat valgustit ülekäiguraja esile toomiseks. Kuigi uurides erinevate valgustitootjate ülekäigurajavalgustite värvustemperatuure on nende värvustemperatuur enamasti 4000 K ja rohkem. [18]

### 6.3 Valgustite kaitseaste

Ülekäigurajavalgustite kaitseaste võiks olla vähemalt IP66. IP66 ei lase keskkonnatolmu ega niiskust valgusti korpusesse. Täna on kõik leedvalgustid teedel IP66 tagamaks neile pikka lubatud eluiga, olenemata kas valgustatakse sõiduteed, kergliiklusteed või ülekäigurada. Ülekäigurajavalgustite tugevusklass võiks olla vähemalt IK08. Seda selleks, et ülekäigurajavalgusteid poleks kerge kahjustada ja kuna valgustid peavad aastaid vastu pidama.[18]

### 6.4 Ülekäiguradade valgustid

- Hõõglambid alates 1. septembrist 2012 kadusid müügil Euroopa Komisjoni otsuse tõttu. Hõõglambide eelistuseks on madal hind, laialdane kättesaadavus, lai valik nii lambi- kui ka valgusti tüüpide poolest ja ohtlike ainete puudumine. Puudusteks on lühike eluiga (paar tuhat tundi), madal valgusviljakus (umbes 8-20 lm/W), tõmbab ligi putukaid ja on suure soojuskaoga.
- Leedvalgustid. Valgusdiodi kasutamine näiteks hõõglambi asemel võib vähendada elektrikulu 80 protsendi võrra. Valgus suunatakse spetsiaalsete läätsede abil otse soovitud alale, tänu millele kasutatakse leedelementides tekkinud valgust maksimaalselt ära (sihtkohta jõuab 93 % tekkinud valgusest - valguskadu minimaalne, olemuselt valgusreostust ei tekita). Eriline

magneesiumsulamist jahutussüsteem tagab leedelementide pikema eluea ja parema efektiivsuse. Eeldatav eluiga üle 50 000 tunni (14-15 aastat), mida on võimalik pikendada valgusti hämardamisega. Eelised: keskkonnasõbralikud: 100% ümbertöödeltavad materjalid. Valgusviljakus on tavaliselt 100-150 lm/W ja värviesitusindeks üle 70. Ei sisalda ohtlike aineid nagu plii, elavhõbe ja kaadium, ei emiteeri UV-kiirgust. Lisaks elektriarve märkimisväärsele vähenemisele võimaldab leedlamp poole võrra kahandada ka hoolduskulusid.[4]

Nimetus	Välimus	Vastuvõetavad lambi tüübid	Värvsus-temperatuur	Kaitseaste
Siteco SQ100		Halogeen lambid 150w	5500K	IP66
Leedvalgusti Stratos-N		55W	5500 K	IP66
IP67 Leedvalgusti L18		62W/6900lm	4500K	IP67
IP67 Leedvalgusti RAL9005 L18		62W/6900lm	5000K	IP66
Selenium Philips SGP340		Halogeen lambid SON-T 150W/250W/400 W	5500K	IP67
Neos Zebra		Halogeen lambid	6000K	IP66

Taabel 6.1 Eestis Kasutatud valgustit

Tänavavalgustuseks kasutati kaua aega oranžkollase värvusega valgustid – hõõglambid . Värviedasianne omadus oli ebapiisav aga nad kiirgusid maksimaalse valguse minimaalse kulutusega.

Oma ajaks olid need ökonoomsed ja piisavad valgustamiseks. Jalakäijatele ja autojuhile selline valgustus ei ole kõige parem lahendus, sellepärast et tihti inimesed jäävad silmapaari vahele. Kui võrrelda valgeid leedvalgusteid ja gaaslahendusega oranžkollase värvusega valgustitega, siis esimesed kiirgavad rohkem valgust ja teed saavad nähtavamaks. Tänapäevaks paigaldatakse leedvalgustid ülekäigurada ja teede valgustamiseks. Suuremates linnades, kus valgustust üldse ei olnud on ebapiisav valgustus asendatud uute leedvalgustitega. Leedvalgustid sobivad hästi Eesti kliimas kasutamiseks, sest jahedas temperatuuris annavad need rohkem valgust.

Lüganuse vallavalitsuse näitel saab vaadata tänavavalgustuse uuendamist. Projekt „Tänavavalgustuse taristu renoveerimine“, mida alustas arendada Kiviõli linnavalitsus 2016 aastal sai 2 aasta möödumisel rakendamist. Projekti eesmärgiks on tänavavalgustuses elektrienergia kasutamise efektiivsuse suurendamine, tänavavalgustuse taristu renoveerimine ning selle kaudu energia säästmine. Vahetatakse välja 2005. aastal paigaldatud metallmastidel olevad naatriumvalgustid leedvalgustite vastu. Kokku vahetatakse välja 441 valgustit ja selle kaudu hoiakse kokku 40 protsendise kesklinna tänavavalgustusele kuluvast elektrienergiast igal aastal. [Lüganuse vallaleht]



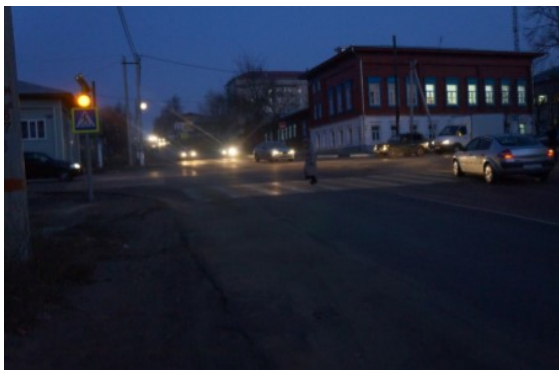
## 7 ÕNNETUSJUHTUMITE PÕHJUSED

Õnnetusjuhtumid võivad juhtuda nii reguleeritaval ülekäigurajal kuid ka mittereguleeritaval ülekäigurajal. Aga uuringute analüüsides selgus, et mittereguleeritaval ülekäigurajal õnnetused juhtuvad sagedamini ja see on tihedalt seotud ebapiisava valgustusega.

### 7.1 Õnnetusjuhtumite inimlikud ja majanduslikud faktorid:

#### 7.2.1 Puudub valgustus

Sellel juhul teed ei ole üldse valgustatud, puuduvad valgusmastid ja sellisel olukorral jalakäijat valgustab ainult auto esituledest tulenev valgustus (vt. Joonis 7.1). Inimene võib jääda märkamata kuna ajutojuhile võib tunduda, et see on mingi post või tume nurk eesolevast majast.



Joonis 7.1 Valgustite puudus [8]

#### 7.2.2 Ebapiisav valgustus

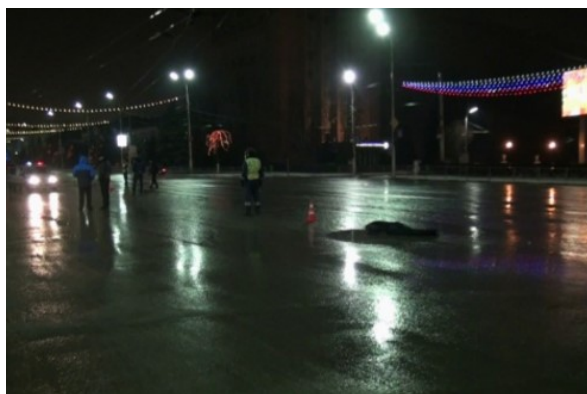
Kasutatakse halva valgusjaotusega lampe (vt. Joonis 7.2). Kui autoga liikleja liikumise teel ei olnud mitte ühtegi lampi ja ainult ülekäigurajal tuleb ette esimene halva valgustusega mast, võib auto aknast tulla juhi vaatevälja silmadesse peegeldus ja ta ikkagi ei märka jalakäijat.



Joonis 7.2 Vanad gaaslahendusega lambid [8]

### 7.2.3 Kontrasti puudus

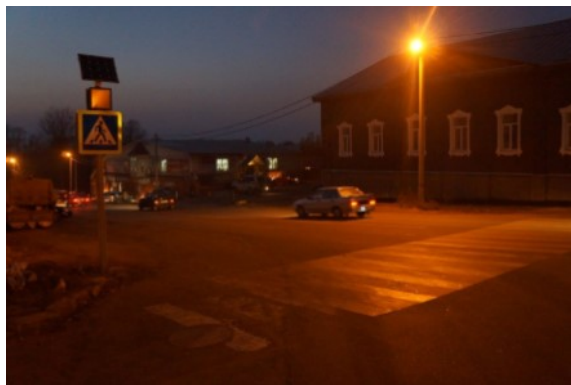
Võib leida ka selline olukord kui õnnetus juhtub segavate valgustite tõttu (reklaam, hoonete valgustus). Sellisel juhul on raske eristada jalakäijat (vt. Joonis 7.3) erinevatest eesolevatest erivärvidega valgustavatest lambidest. Pildil on veel näha, et valgus peegeldub märjalt teekattelt, mis jäi peale vihma sadu asfalkattele.



Joonis 7.3 Puudub kontrast [8]

### 7.2.4 Pimestav valgustus

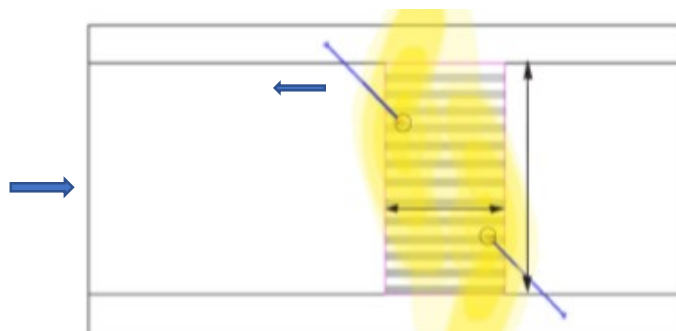
Valesti paigaldatud valgustus pimestab autojuhi (vt. Joonis 7.4). Autojuht ei saa avatud silmadega vaadelda ülekäiguradu kuna selle taga on mast, mis valgustab mitte ainult ülekäiku vaid ka kõike, mis teda ümbritseb. Heledast valgusest, mis sattub autojuhi silmadesse, suleb autojuht peaaegu täielikult automaatselt silmad.



Joonis 7.4 Pimestav valgustus [8]

### 7.1.5 Vale valgustite paigaldus

Valgustus on paigaldatud vales kohas, sellepärast ei ole jalakäijat näha autoga ülekäigurajale tulenevast suunast (vt. Joonis 7.5).



Joonis 7.5 Valgustite paigaldus [7]

### 7.1.6 Muud põhjused

Teede märkimisjoonte ja ülekäiguradade liiklusmärgi halb nähtavus.

Ilmastikutingimused: vihm, lumi, udu ja teised.

Suurveod, mis takistavad liiklusmärkide nähtavust.

Määratud autotulede valgustite kaitseklaasid.

Kõrvale juhtinud tähelepanu.

## 8 ÜLEKÄIGURADADE VALGUSTUS

Ülekäiguradade valgustus peab tagama jalakäijatele turvalisust sõidutee ületamiseks ja võimalust näha takistusi ja teeradade defekte. Erinevalt tavalise valgustuste, ülekäiguradade ala märgistamisel kasutatakse kõrge värvsüsteemiga valgusteid kontrasti loomiseks. Ülekäiguraja mõlemad ootelad, kus jalakäijad ülekäiguvõimalust ootavad, peavad olema piisavalt hästi valgustatud [8].

Lisavalgustite kasutamise korral teed ületavate või ülekäiguraja juures seisvate või liikuvate jalakäijate valgustamiseks ja sõidukijuhtide tähelepanu juhtimiseks ülekäiguraja olemasolul, tuleb lisavalgusti tüüp, paigutus ja valgussuund valida selliselt, et need tekitaksid positiivse kontrasti ega suurendaks sõidukijuhtidele toimivat rägust [8].

Valgustite jaotus ja nende suund peab tagama kontrasti jalakäija ja sõidutee vahel. Valgustus paigaldatakse enne ülekäigurada sõidu suuna järgi ja suunatakse jalakäijatele, et juht näeks, mis toimub ülekäigurajal (vt. Joonis 8.1). Kahesuunalise rajal paigaldatakse valgustus mõlemalt poolt enne ülekäiguraja. Valgustamisel on olulisem valgustada ülekäigurajale lähenevaid jalakäijaid.

Ülekäiguraja valgustamisel ei valgustata ülekäigurada. Sõidujuhile märgatav peab olema mitte ülekäigurada ja siluett, vaid liikleja.



Joonis 8.1 Ülekäiguraja valgustuse tüüplahendus [5]

Ringristmikel olevad ülekäigurajad ja -kohad võiksid olla valgustatud kõrgema heledustasemega kui külgneval sõiduteel.[5]

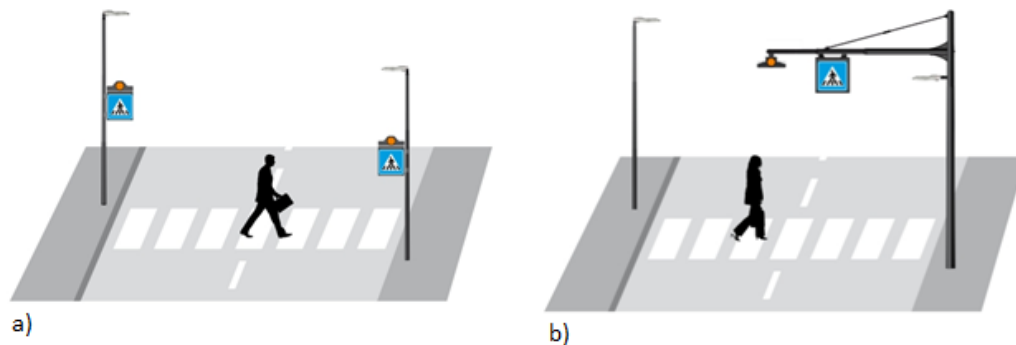
Lisaks üldvalgustusele on väga soovitatav kasutada ülekäiguradadel lisaks kohtvalgust, mille poolt ülekäigurajale suunatud valgusvihk on üldisest valgusfoonist suurema valgustugevusega. Kohtvalgustuse paigaldamisel tuleb jälgida, et kohtvalgustus ei hakkaks segama läheneva sõiduki juhti. Kohtvalgustust kasutatakse kohal kus on halb nähtavus või on mingi segadus. Samuti peab kohtvalgustust

kasutama koolide, lasteaedade ja teiste sotsiaalobjektide läheduses. Ülekäigukoha valgustuse lahendusel tuleb lähtuda samadest nõuetest mis kehtivad ülekäiguraja puhul. [6]

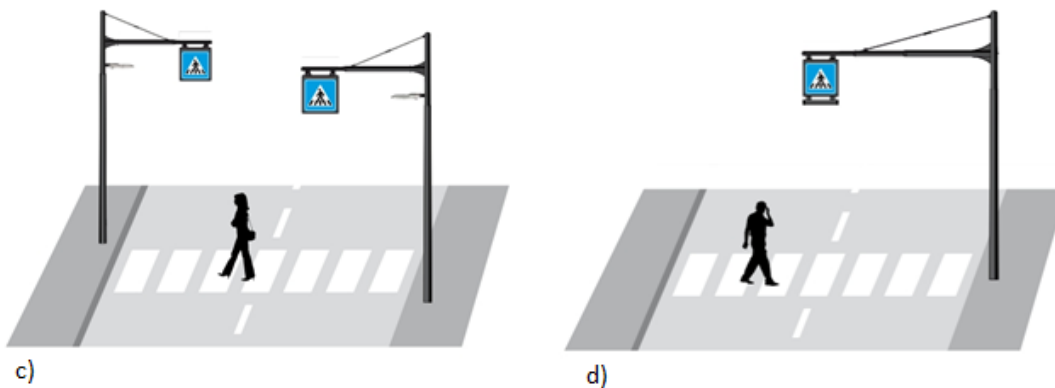
Ülekäiguradade valgustus saab teostada mitme viisidega: lihtsamate variantidest, paigaldama leedvalgustid, tänavavalgustus tänava külge (või otse sõidutee jalakäigurajal), keerulise variandini, paigaldada enne ülekäigurajale mitu teatavaid märke.(vt. Joonis 8.2 ja 8.3).



Joonis 8.2 Valgustuse paigalduse variandid 1 [12]



Joonis 8.3 Valgustuse paigalduse variandid 2 (a, b) [8]



Joonis 8.3 Valgustuse paigalduse variandid 2 (c, d)[8]

## 9. MÄRGID ÜLEKÄIGURADA ERISTAMISEKS JA MÄRGISTAMISEKS

Ülekäiguradade eristamiseks ja märgistamiseks valgusude lisaks tehakse eristused mis aitavad autojuhile ettevatlik olla.

### 9.1 Leedvalgusmärgid

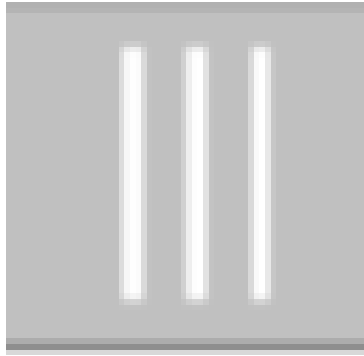
Märgid on ehitatud helkuri kilega ja sisse on ehitatud märga valgustus. Tänu leedvalgusi, pimedal ajal on märk kõrge nähtavusega (vt. Joonis 9.1).



Joonis 9.1 Leedmärgid

### 9.2 Täristi

Täristi kasutatakse enne teelõiku, kus tuleb olla eriti tähelepanelik, samamoodi enne ülekäigurada (vt. Joonis 9.2).

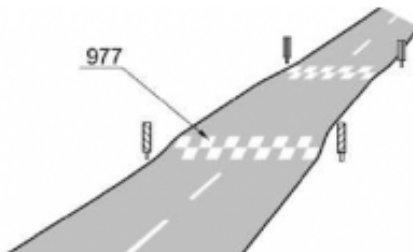


**979a**

Joonis 9.2 Täristi [13]

### 9.3 Künmise kaldpinnad

Enne ülekäigurada tehakse künmise kaldpind, mis tähistab vähendatud kiiruse hoidmiseks rajatud künmise, tõstetud ristmiku või tõstetud teega külgneva ala juurdesõidutee teega löikumise koha kaldpinda sõiduteel (vt. Joonis 9.3 ja 9.4).



Joonis 9.3 Künise kaldpind [13]

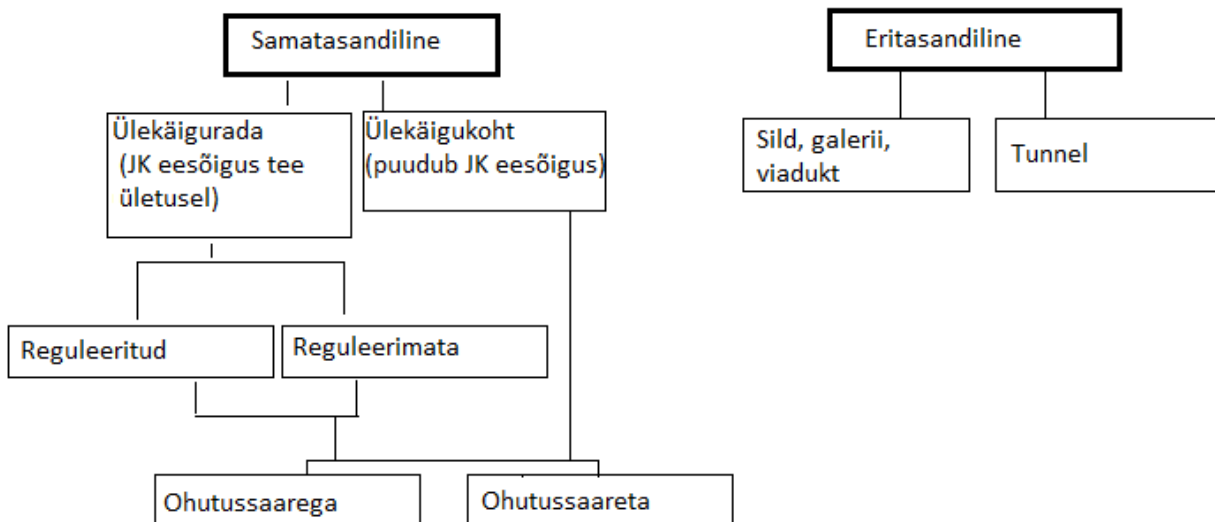


Joonis 9.4 Künise kaldpind [13]

Tihti tänaval kus on kiiruse tsoon 30 km/h või jalakäijate kiirus, ainult valgustus ei piisa ja enne ülekäigurada ehitatakse künise kaldpinnad, selleks et sõidutranpordi autojuhid jalakäijad märaksid.

## 10. ÜLEKÄIGURADADE TÜÜBID

Eestis on kõige rohkem levinud samatasandilised ületuskohad. Selles töös keskendutakse samatasandilistele ülekäiguradadele, sest seal juhtuvad liiklusõnnetused jalakäijatega. Kui autoliikluse kiirus on rohkem kui 100 km/h, siis ehitakse eritasandiline ületuskoht. Ülekäigurajad jagunevad reguleeritud ja reguleerimata ülekäiguks ja need omakorda jagunevad kaheks lahenduseks; ohutussaarega või ohutussaareta. (vt joonis 10.1). [14]



Joonis 10.1 Ülekäigukohtade liigitus [14]

Ülekäiguraja rajamisel lähtutakse sõidutee laiusest, sõidukite kiirusest ning liiklustihedusest. Ületuskoha rajamist tuleb kaaluda siis, kui jalakäijate arv tunnis ja sõidukite arv tunnis omavahel korrutades on üle 800. Reguleeritud ülekäiguraja rajamisel lähtutakse jalakäijate ja sõidukite liiklussagedusest, liiklusohutusest ja kohalikest oludest. Liiklusohutusest lähtudes võib paigaldada ka foorid, kui see pole vajalik liiklussageduse koha pealt, näiteks kui läheduses on koolid, mänguväljakud jms. Ohutussaarega ülekäiguradadel on ettenähtud tee keskele jalakäijate jaoks ootesaar, kus jalakäija enne teele astumist saab veenduda ühe sõiduraja ületamise ohutuses ja saare peal saab veenduda teise sõiduraja ületamise ohutuses. Ilma ohutussaareta ülekäiguraja ületamisel peab jalakäija veenduma mõlema sõidusuuna ületamise ohutuses, enne kui teele astub, mis on ohtlikum, kui ohutussaarega ülekäigurajast. Ohutuse seisukohalt tuleks ohutussaart kasutada juhtudel, kui ülekäigurada asetseb



nelja realisel teel, sest siis võivad tekkida olukorrad, kus sõidukid piiravad jalakäija vaatevälja nii, et jalakäija ei märka keskmisel rajal sõitvat sõidukit. Kuna Eestis on pikad pimedad ajad talviti, siis tuleb paigaldada lisavalgustus, et inimesed parem märgata.[14]

# 11. ÜLEKÄIGURADADE VALGUSTUSE PAIGALDUSKEEM

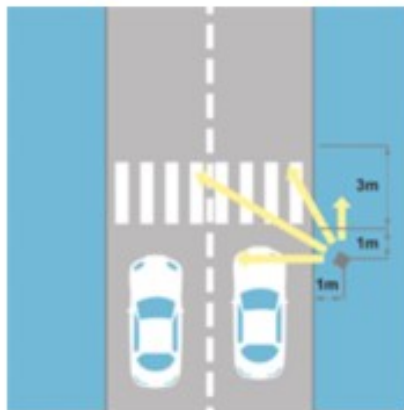
## STANDARDI JÄRGI

On olemas Tallinna Linnavalitsuse kehtestatud määrus „Jalakäijate ülekäiguradade valgustuse tüüplahendused“. Määruses on välja toodud, kuidas peaksid paiknema ülekäiguradade valgustid ülekäiguradade suhtes.

Ülekäiguradade valgustamiseks paigaldatakse 6 või 8 m kõrgused metallist 1,0 m pikkuse konsooliga koonilised mastid.

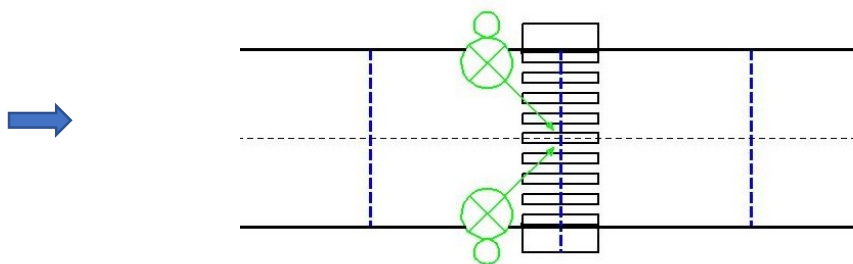
Valgustuse paigalduse lahenduse valik sõltub konkreetse ülekäiguraja liikluskorralduslikust lahendusest, sõidutee laiusest (sõiduradade arvust) ja sõidusuundade arvust.

Ühesuunalise liiklusega tänavatel valgustab üks lamp kahe rajalist löiku (vt. Joonis 11.1).



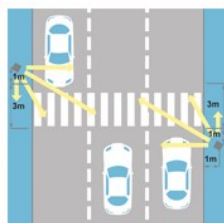
Joonis 11.1. Ühesuunaline tänav [8]

Ühesuunalise liiklusega tänaval paigaldatakse kaks valgustit (vt. Joonis 11.2 )



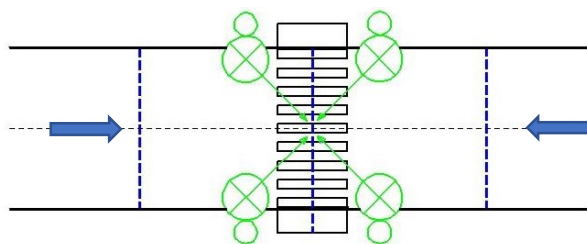
Joonis 11.2. Ühesuunaline tänav [9]

Kahesuunalise liiklusega tänaval paigaldatakse kaks valgustit (vt. Joonis 11.3).



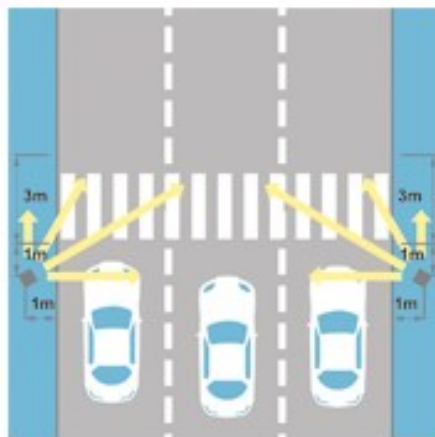
Joonis 11.3. Kahesuunaline tänav [8]

Kahesuunalise liiklusega tänaval paigaldatakse neli valgustit (vt. Joonis 11.4).



Joonis 11.4. Kahesuunaline tänav [9]

Ühesuunalisel liiklusega tänavatel ja kolme rajalisel tänaval paigaldatakse kaks valgustit (vt. Joonis 11.5).



Joonis 11.5. Ühesuunaline tänav [8]

## **12. UURIMUSE METOODIKA JA EESMÄRK**

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada kas hetkel olemasolev valgustus lahendus vastab standardile.

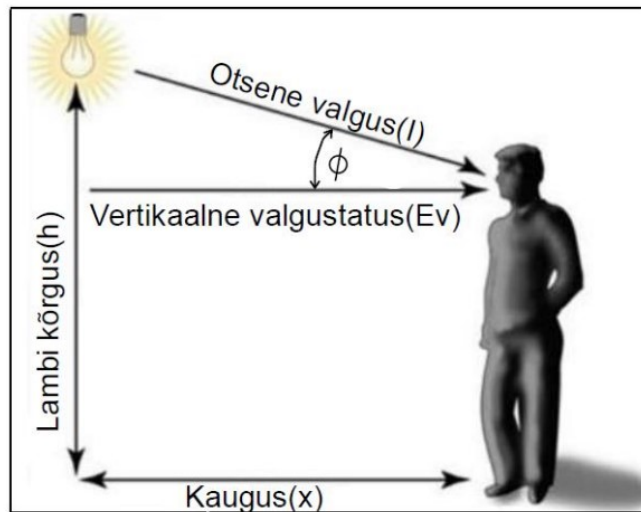
### **12.1 Uurimuse metoodika**

Antud uurimus põhineb andmetel mis on mõõdetud ülekäiguradadel. Valgustite uurimisel toetatakse standardile EVS 935-1:2017. Ülekäigurajad, kus valgustuse mõõtmised läbi viidi asusid Süür-sõjamäe tanavas kus on ühesuunalised kolme rajaga tänavad ja kahesuunalised tänavad. Valiti lähtuvalt sellest, et antud ristmikul oli lähestikku neli ülekäigurada lisavalgustitega.

### 13. VALGUSTUSE MÕÕTMISE PROTSESS

Ülekäiguradade valgustuse mõõtmised teostati vastavalt Eestis sätestatud standardile EVS 935-2:2017, kus on kirjas, mil viisil tuleb arvutada ja mõõta standardis EVS 935-1:2017 kvantitatiivselt käsitletavaid valgustehnilisi kvaliteedinäitajaid. Sätestused on vajalikud, et arvutusi võrreldavalt ja mõõtmisi ühetaoliselt saaks sooritada.

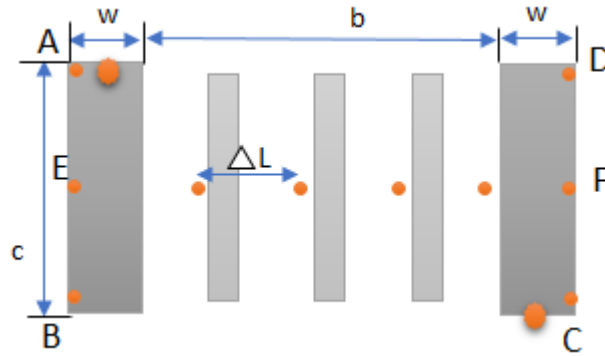
Ülekäiguradadel on tähtis inimese nähtavuse seisukohalt vertikaalne valgustustihedus, mis langeb jalakäijale küljelt. (vt Joonis 13.1) [11].



Joonis 13.1 Vertikaalne valgustustihedus [14]

Vertikaalse valgustustiheduse leidmiseks on vaja paigutada luksmeeter vertikaalselt 1 meetri kõrgusele. Mõõtmistel kasutatakse statiivi ning mõõtmisi teostatakse küljelt, kus luksmeetri andur suunatakse sõidutee suunas vastu sõidukite liikumise suunda. Mõõtmise ajal tuleb välistada muud valgusallikad, lambit peavad nii kaua põlema, et paigaldis on saavutanud väljakujunenud seisundi.

Ülekäiguraja mõõtmise tegemiseks on kokku lepitud kasutada nelinurkseid hindamisvälja (vt Joonis13.2). Risti sõidussuunda võetakse kaks rööpsirget vahemaaga c (ülekäigurada laius) ja piki sõidusuunda kaks rööpsirget vahemage  $2w+b$ , kus b on sõidutee ja  $2w$  mõlema poole ootepinnad. Arvesse võetakse jalakäijate ülekäiguraja kestelje punktid. Need mõõdetakse sõidutee keskelt mõlemas suunas sõidutee ääreni, mille vahekaugus võetakse 1 m ja nurkade punktid A, B, C,D,E,F. [15].



Joonis 13.2. Arvutuspunktid (autori joonis)

Kahesuunalise liiklusega sõiduteel hinnatakse ülekäigurada eraldi mõlema sõidusuuna kõikides punktides.

Ohutussaarega jalakäijate ülekäigurajal, kui ohutussaar on laiem kui 2m mõõdetakse sõidutee osad eraldi.

#### Hooldeteguri valik

Hooldetegur võetakse valgusarvutustes 0,8 kui tootja ei ole märkinud teisiti. Välisvalgustitel saab enamasti kasutada kõrgemat hooldetegurit kui sisevalgustitel, sest välisvalgustite talitlusaeg langeb Eesti kliimas leedvalgustitele sobivasse keskkonnatemperatuuri, mis tagab neile piisava jahutuse. [18]

**Valgustustiheduse hooldeväärtus** ( $\bar{E}_m$ ) - väärtus, millest allapoole antud pinna keskmine valgustustihedus ei tohi langeda. [17]

# 14. MÕÕTEPROTOKOLL

## 1. Üldinfo

Rajatiste nimetus	Suur-Sõjamäe	
Mõõtmise kuupäev	2.05.2018	
Alguse ja lõppu kellaeg	23:00 - 01:20	
Mõõtmisel osalenud isikud	Markus	Felert

## 2. Geomeetrilised andmed

Koht 1		
Koht 2		



Joonis 14.1 Valgustus Koht 1.

Joonis 14.2 valgustus Koht 2.

### 3. Teepinna andmed

	Koht 1	Koht 2
Teepinna tüüp	asfalt	
Teepinna vanus	3 aastat	7 aastat
Teepinna seisund	kuiv	

### 4. Lampide ja valgustite andmed

	Koht 1	Koht 2
Valgusti tüüp	Halogeen lamp	Kõrgrõhunaatriumlamp
		
Nimetus	Neos Zebra	Selenium Philips SGP340

### 5. Ümbruseolud

Ümbruseolu	Mõõtmiste alguses	Mõõtmiste lõpus
Ilm	Ilma vihma	
Temperatuur C	8	8
Nähtavus	95%	
Teepinna seisund	Kuiv	kuiv

### 6. Rajatise seisund

	Koht 1	Koht 2
Valgustite hoolduolukord	hooldud	
Kõrvaline valgus	Sõidutee valgustus	
Takistused teekatte valgustamisel	puudub	Foori hoidik



## 7. Mõõteriistad

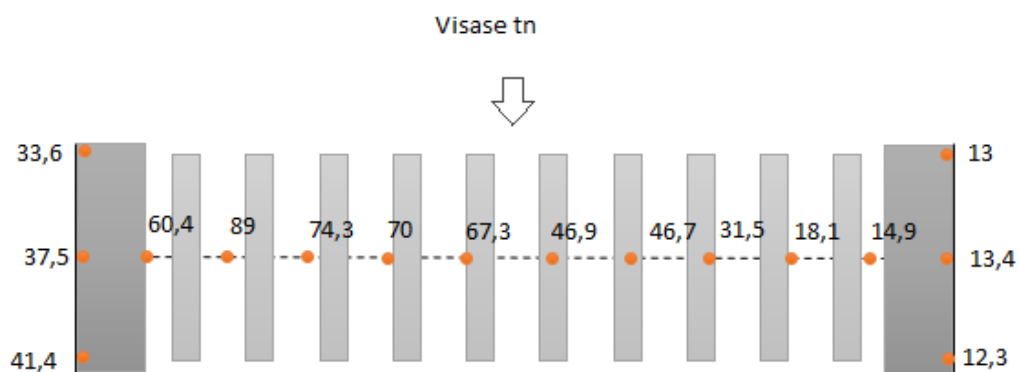
Mõõdetav suurus või mõõteriista liik	Valmistaja	Tüüp	Number	Taatlemise kuupäev	Taatleja
Tasandiline valgustustihedus	LMT	POCKET-LUX 2	2663	11	Metrosert

## 8. Mõõteväli

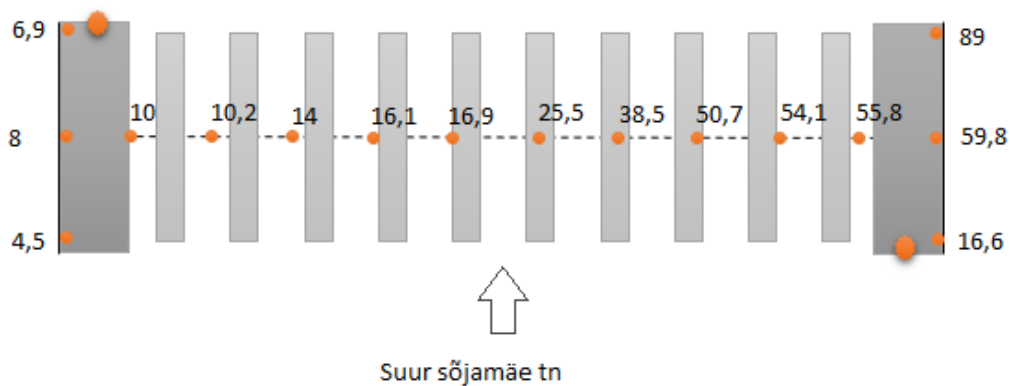
Koht 1. Kahesuunalise liiklusega tänav, üks rida ühes suunas ja 1 rida teises suunas.

Laius 11 m

Pikkus 3.2 m



Joonis 14.3 Ülekäiguraja mõõtmised Visase tänaval.



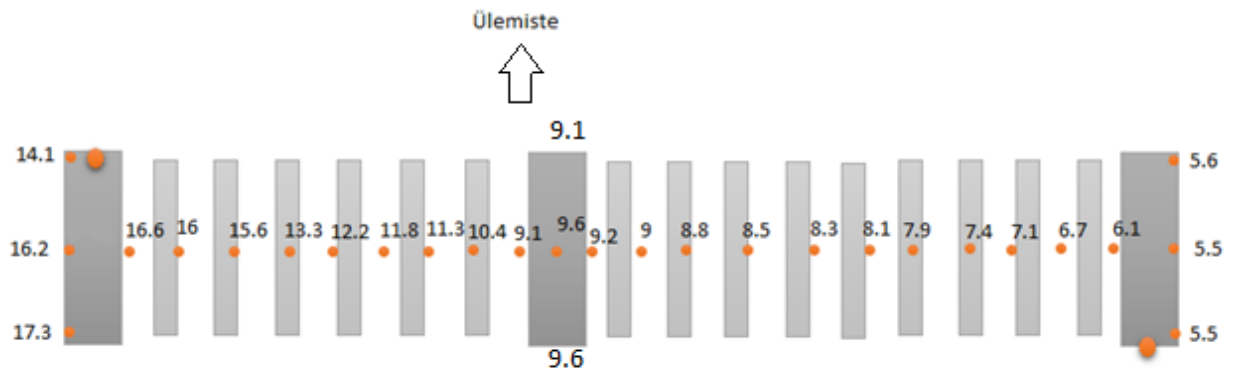
Joonis 14.4 Ülekäiguraja mõõtmised Suur-sõjamäe tänaval.

Koht 2. Kahesuunalise liiklusega tänav, 3 rida ühes suunas ja 2 rida teises suunas

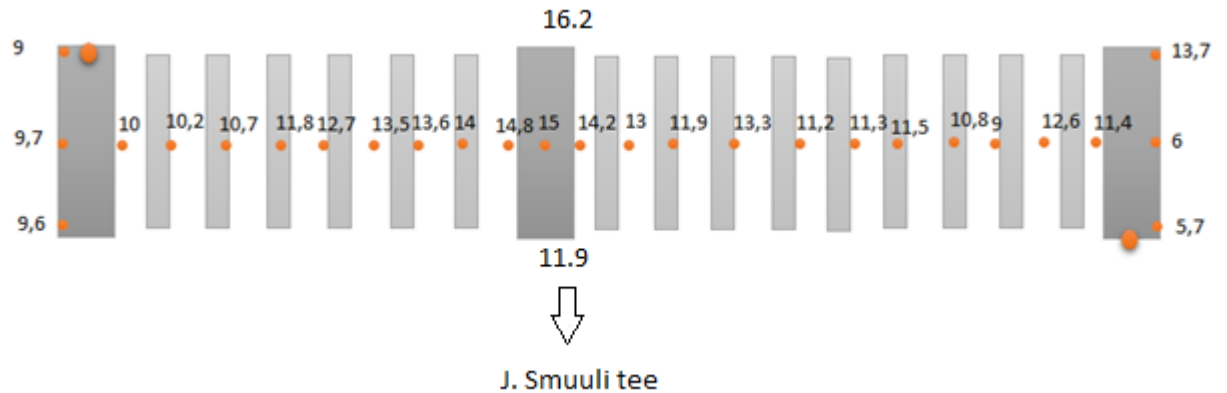
Laius 22 m

Pikkus 3.2 m

Ohutussaar 2 m



Joonis 14.5 Ülekäiguraja mõõtmised Ülemiste suunas.



Joonis 14.6 Ülekäiguraja mõõtmised J.Smuuli tänaval.

Mõõtmiste liik	valgustustihedus
Valgusmõõteanduri kõrgus	1m
Mõõteriista number	2663
Kasutatud mõõtepiirkon(na)d	Joonis 12.1 ja 12.2

## 9. Valgustustiheduse hälbed

Rajatise sisselülitusaeg	21:10		
Möötmiste alustamise aeg	23:00		
Koht 1		Suund 1	Suund 2
	Keskmine valgustustihedus möötmiste ajal Ēv	41.9 lx	29.8 lx
	Hooldeväärtus keskmine	33.5 lx	23.8 lx
	Minimaalne valgustustihedus Ev min	12.3 lx	4.5 lx
	Hooldeväärtus minimaalne	9.8 lx	3.6 lx
	Koht 2	Keskmine valgustustihedus möötmiste ajal Ēv	10.2 lx
Hooldeväärtus keskmine		8.2 lx	9.3 lx
Minimaalne valgustustihedus		5.5 lx	5.7 lx
Hooldeväärtus minimaalne		4.4 lx	4.6 lx

Ülekäiguraja (Koht 1) keskmiseks valgustustiheduseks mõõdeti ühes suunas 41.9 ja teise suunas 29.8 lx. Ülekäiguraja (Koht 2) keskmiseks valgustustiheduseks on ühes suunas 10.2 ja teise suunas 11.7 lx. Standard ütleb, et jalakäija positiivseks kontrastiks peab vertikaalne valgustihedus olema vähemalt 30

lx. Vaadates tulemusi, siis on näha, et mõnel ülekäigurajal on punktid kus valgustustihedus on väiksem kui 30 lx. Standardis on kirjas, et üheski mõõtmispunktis ei tohiks valgustustiheduse väärtus olla alla 4 lx. Mõõtmistulemustest on näha, et selliseid kohte ei ole (Vt. Lisa 1).

Kahe ülekäiguraja võrdluses selgus, et mõnede punktide positiivne kontrast ei vasta standardile ja mõõtekohal (Koht 2) ei ole tagatud vajalik väärtus. See on kahesuunaline, kolme rajaga ja ootealaga liiklustee. Kasutatakse kõrgrõhunaatriumlampi. Tänavavalgustus ei taga sellel teepinnal piisavat heledust. Mõõteprotokoll järgi saab öelda, et on vaja paigaldada kõrgemat heledust tagavad tänavavalgustid, sest ülekäigurajal (Koht 2) mõõdetud tulemus moodustab miinimum väärtusest 33% standardis esitatust. Saab paigaldada lisavalgusti üle tee. Kui tänavavalgustus tagab piisava teepinna heleduse ja valgustite asukoht ülekäiguraja suhtes on valitud õigesti siis saavutatakse ülekäigurajal hea kontrast, mille korral teed ületav jalakäija paistab sõidukijuhile tumeda kontuurina heleda teepinna taustal. Sellise valgustuse lahenduse korral on jalakäija küll nähtav. Jalakäijate ohutuseks liikumiseks on kontrast üks olulistest punktidest.

## KOKKUVÕTE

Euroopa riikide eesmärgiks on vähendada õnnetuste arv jalakäijate ülekäiguradadel. Teatavasti suurim osa hukkunust ülekäiguradadel on pimedal ajal. Sellepärast ka üheks eesmärgiks Eestis on vähendada liikluses hukkunute arvu. Suuremat tähelepanu peaks pöörama õnnetustele, mis toimuvad pimedal ajal, sest suurem osa õnnetustest toimuvad hämaras keskkonnas. Selleks, et selliseid õnnetusi vähendada, peab omavalitsus kontrollima kõikide ülekäiguradade seisundit ja jälgima toimunud liiklusõnnetuste põhjusi ning pöörama suurt tähelepanu ülekäiguraja lisavalgustitele kehtestatud standartidele.

Need ülekäigurajad milliste liikumist foor ei reguleeri peavad olema täiendatud lisavalgustitega. Nii on lihtsam lähenedes ülekäigurajale mõlemast suunast eristada seal liikuvat või seisvat inimest sõltumata ilmastiku olukordadest.

Selle töö eesmärgiks oli ülekäiguradade valgustuse mõõteprotokollid välja töötamine ja analüüs. Valgustuse analüüsimisel selgus, et ainult autode valgustusest ei piisa, sest autode valgus helendab auto ees, aga selleks et jalakäijaid märgata on vaja lisada ülekäiguradadele asümmeetrilised valgustid, mis tagaksid vertikaalse valgustustiheduse ning parema kontrasti. Mõnikord juhtuvad olukorrad, et juhi silmad ei jõua adapteeruda pimeduses ja ei märgata jalakäijaid. Seetõttu, selleks et vähendada selliseid olukordi on vaja kõikidele ülekäiguradadele paigaldada lisavalgusteid standardi järgi.

Tegin praktilisi valgustehnilisi mõõtmisi kahel ülekäigurajal, uurimaks nende vertikaalse valgustustiheduse vastamist uutele standarditele ja selgus, et selleks, et valgustus vastaks standardile on vaja vahetada ülekäiguradade valgustid kõrgema värvsustemperatuuriga ja parema valgusjaotusega vertikaalse valgustustiheduse tagamiseks.

Ülekäigurada on tavaliselt kõige rohkem valgustatud keskel, seal on vertikaalne valgustustihedus 30 luksi ja seepärast kui jalakäija on juba ülekäigu keskel, teda on lihtne märgata aga selline olukord on väga ohtlik kuna autojuht peab väga kiiresti reageerima ja kui on veel halvad ilmastiku ja teeolukorrad siis võib juhtuda nii, et ta ei jõua autot peatada.

Kui aga jalakäija alustab teed ületama ülekäiguraja äärest võib teda olla halvasti näha kuna ülekäiguraja ääred on halvemini valgustatud. Sellise probleemi parandamiseks on võimalus kasutada vajadusel võimsamaid valgusteid. Aga selleks et võimsamate valgustitega kulutused elektrienergiale ei

kasvaks on vaja kasutada lampe mis tagavad parema valgusjaotuse või näiteks muutuvad heledamaks auto lähenemisel.

Bakalauruse töö eesmärk on teostatud ning ülesanded on täiendatud. Selle töö teostamise käigus sain teada millistel põhjustel toimuvad õnnetused ülekäiguradadel ja mida võiksid teeholdajad võtta ette, et õnnetusjuhtumeid vähendada.

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der Europäischen Ländern ist, die Anzahl der Unfälle an Fussgängerüberwegen zu verringern. Es ist bekannt, dass der größte Teil der Todesopfer in den dunklen Zeiten liegt, deswegen ist das Ziel Estlands, die Zahl der Verkehrstoten zu verringern. Größere Aufmerksamkeit sollte man auf Unfälle im Dunkeln gerichtet werden, da die meisten Unfälle in einer dunklen Umgebung auftreten. Um diese Unfälle zu vermeiden, muss die Gemeinde den gesamten Stand der Übergänge überprüfen, um Verkehrsunfälle zu überwachen, und wichtigste Aufmerksamkeit auf die Beleuchtung zu haben.

Das Ziel dieser Arbeit war es, eine Überführungs-Lichtsmessung zu entwickeln und zu analysieren. Die Lichtsanalyse ergab, dass nur die Beleuchtung des Autos nicht ausreichend ist, weil die Scheinwerfer des Autos vor dem Auto leuchten, aber andere Leuchten werden benötigt, um die Fusswege sichtbar zu machen. Manchmal entstehen Situationen, in denen sich die Augen des Fahrers nicht an die dunkle Situation anpassen können und sie die Fussgänger nicht bemerken. Um solche Situationen zu vermeiden, müssen daher alle Fussgängerüberwege nach dem Standard gebaut werden.

Ich habe praktische Lichtsmessungen an zwei Überführungen durchgeführt, um ihre vertikale Luminanzantwort auf den neuen Standard zu untersuchen, und es hat sich heraus gestellt, dass es notwendig ist, die Leuchten der Fussgängerüberwege zu ändern, um die Standardbeleuchtung zu erfüllen.

Das Ziel der Bachelorarbeit wurde erreicht und Aufgaben erledigt. Durch dieser Arbeit lernte ich die Ursachen von Unfällen an den Fussgängerüberwegen kennen und weiss wie man sie vermeiden kann.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Valgustehnika 1, Tiiu Tamm 2009, 112 lk.
2. [http://www2.hariduskeskus.ee/opiobjektid/autokere\\_ja\\_sisustus/?VALGUSTID](http://www2.hariduskeskus.ee/opiobjektid/autokere_ja_sisustus/?VALGUSTID) (Aprill 2018)
3. Tallinna linna teevalgustusnormid. Tallinna Linnavalitsuse 24. märtsi 2004 määrusega nr 26 LISA (Aprill 2018)
4. <https://www.kik.ee/sites/default/files/144.pdf> (Aprill 2018)
5. [https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/ehitus/riigimaantee\\_valgustamine\\_juhis\\_kinnitatud.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Juhendid/ehitus/riigimaantee_valgustamine_juhis_kinnitatud.pdf) (Märts 2018)
6. [https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/hk\\_kergliikluse\\_projekt\\_ii\\_etapp.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/hk_kergliikluse_projekt_ii_etapp.pdf) (Märts 2018)
7. <https://www.startbase.ru/download.html?...Освещение+пешеходных+переходов>(Mai 2018)
8. [https://polygonal.com.ua/ru/osveschenie\\_peshehodnyih\\_perehodov.php](https://polygonal.com.ua/ru/osveschenie_peshehodnyih_perehodov.php) (Mai 2018)
9. <https://www.riigiteataja.ee/akt/427062013039> (Märts 2018)
10. [https://www.mnt.ee/sites/default/files/news-related-files/liiklusaasta\\_2017\\_-\\_1\\_1.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/news-related-files/liiklusaasta_2017_-_1_1.pdf) (Märts 2018)
11. [lightingsystems\\_handbookvaleo2016.pdf](#) (Aprill 2018)
12. <http://www.kb-spectech.ru/projects8.html> (Aprill 2018)
13. <https://www.liiklustestid.ee/liiklusmargid/teemargistus/>(Aprill 2018)
14. <https://digi.lib.ttu.ee/i/?9785> (Mai 2018)
15. <https://www.evs.ee/tooted/evs-935-1-2017> (Mai 2018)
16. <https://www.pinterest.com/pin/536632111823831736/>(Mai 2018)
17. <http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/IN660/Valgustustehnika%20taiend6pe%20EL.pdf> (Mai 2018)
18. <http://eprints.ttkk.ee/2967/1/lõputöö%20-%20lilian%20sumero.pdf> (Mai 2018)



# LISAD

## 1. Mõõtmete arvutused Excelis

№1	№1		№2	№2		
lx	lx		lx	lx		
33.6	6.9		14.1	9		
37.5	8		16.2	9.7		
41.4	4.5		17.3	9.6		
60.4	10		16.6	10		
89	10.2		16	10.2		
74.3	14		15.6	10.7		
70	16.1		13.3	11.8		
67.3	16.9		12.2	12.7		
46.9	25.5		11.8	13.5		
46.7	38.5		11.3	13.6		
31.5	50.7		10.4	14		
18.1	54.1		9.1	14.8		
14.9	55.8		9.6	15		
13	89		9.2	14.2		
13.4	59.8		9	13		
12.3	16.6		8.8	11.9		
			8.5	13.3		
			8.3	11.2		
			8.1	11.3		
			7.9	11.5		
			7.4	10.8		
			7.1	9		
			6.7	12.6		
			6.1	11.4		
			5.6	13.7		
			5.5	6		
			5.5	5.7		
			9.1	16.2		
			9.6	11.9		
41.89375	29.7875		10.20345	11.66552		keskmine
33.515	23.83		8.162759	9.332414		hooldeväärtus kesk
12.3	4.5		5.5	5.7		minimaalne
9.84	3.6		4.4	4.56		hooldeväärtus min