EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Jürgo Ränk

# KÄOPESA PEREELAMUTE TARKMAJA LAHENDUS JA ELEKTRISÜSTEEM

SMART HOUSE SOLUTIONS AND ELECTRICAL SYSTEM OF KÄOPESA FAMILY HOUSES

Bakalaureusetöö energiakasutus

Tehnika- ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: professor Andres Annuk, *PhD*

**Tartu 2016**

# LÜHIKOKKUVÕTE

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eesti Maaülikool<br>Kreutzwaldi 1, Tartu 51014 | | **Bakalaureusetöö lühikokkuvõte** | |
| Autor: Jürgo Ränk | | Õppekava: Tehnika- ja tehnoloogia õppekava | |
| Pealkiri: Käopesa pereelamute tarkmaja lahendus ja elektrisüsteem | | | |
| Lehekülgi: 66 | Jooniseid: 38 | Tabeleid: 4 | Lisasid: 4 |
| Osakond: 4. Loodusteadused ja tehnika<br>Uurimisvaldkond: 4.17 Energeetikaalased uuringud, T140 Energeetika<br>Juhendaja(d): professor Andres Annuk, *PhD*<br><br>Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2016 | | | |


Käesoleva töö teema valiku puhul sai määravaks viimasel ajal üha enam populaarsust koguma hakanud tark maja (nutimajade) kontseptsioon. Töö autoril avanes Käopesa pereelamutesse ehitada elektrikilbid, huvist ajendatuna tekkis soov sealseid süsteeme ja lahendusi lähemalt uurida. Autor on koostanud sarnasel teemal ka kursusetöö aines inseneriinformaatika, kus vaadeldi Käopesa targa maja lahendusi. Käesolevas bakalaureusetöös on uuritud tarkmaja lahendust, töös on välja toodud milliseid süsteemi lahendusi pakub käesolev tark hoone.
Bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada kuidas on lahendatud hoonete elektrivarustus ning teha kindlaks hoonete täpne toitekaablite magistraalvõrk, mõõta toitekaablite rikkesilmuse näivtakistused, arvutada lühisvoolud ja leida kaitserakendus ning leida lahendus kuidas ühendada olemas olev välisvalgustus hooneautomaatika võrku võimalikult lihtsate ja majanduslikult soodsate vahenditega. Töös on kasutatud nii erialast kirjandust kui ka autori poolt teostatud mõõdistuste/uurimuste tulemusi.

Töös püstitatud esimene ja teine hüpotees lükati ümber. Esitatud uurimisküsimused said kõik vastuse. Töö tulemusena on autor loonud endale selgema pildi hetkeolukorrast ja uutest arengusuundadest hooneautomaatika valdkonnas. Töö tulemused näitavad, et Käopesa pereelamute süsteeme saaks muuta kasutajate jaoks mugavamaks ning energiasäästlikumaks. Tulemusi on tutvustatud ka Käopesa pereelamute poolsele kontaktisikule.



Märksõnad: Elektrivarustus, hooneautomaatika.

# ABSTRACT

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences


| | | | |
|---|---|---|---|
| Estonian University of Life Sciences<br>Kreutzwaldi 1, Tartu 51014 | | **Abstract of Bachelor´s Thesis** | |
| Author: Jürgo Ränk | | Specialty: Engineering | |
| Title: *Smart House Solutions and Electrical System of Käopesa Family Houses* | | | |
| Pages: 66 | Figures: 38 | Tables: 4 | Appendixes: 4 |
| Department: 4. Natural Sciences and Engineering<br>Field of research: 4.17 Energetic Research, T140 Energy research<br>Supervisors: profesor Andres Annuk, *PhD*<br><br>Place and date: Tartu 2016 | | | |



*The topic of the bachelor's work was chosen by the fact that smart houses have been gaining more and more popularity every year. Work author had an opportunity to build switchboards for Käopesa's family houses. This led to deeper interest towards feedlot systems and solutions. The author has also prepared a curse work Information technology for a similar topic, which gave an overview of the smart house solutions in Käopesa family houses. In this thesis the smart house systems are studied in depth. The work outlines what this particular system offers for this smart house.*

*Thesis is finding out how building electricity systems are solved, identifying the exact power cables backbone network, measuring the power cables to the apparent obstacles, calculating the circuit currents and the protection of the application. Finding a real solution for how to connect to an existing exterior of the building automation network as simple and economical as possible. The work has been written using both professional literature as well as authors performed measurements and search results.*

*The first and second hypothesis, set for the work have been converted. The research questions were all answered. As a result, the author created a new, clearer understanding of the current situation and new developments in the field of building automation. Results of the study show that the Käopesa family houses systems can be made more convenient for users, and more energy efficient. The results are presented to the Käopesa family housing-side contact.*



Keywords: Electric supply, building automation.

# SISUKORD

SISSEJUHATUS ..... 6
1. TÖÖ EESMÄRK JA PÜSTITATUD ÜLESANDED ..... 7
2. OBEJEKTI ISELOOMUSTUS ..... 8
3. HOONETE ELEKTRIVARUSTUS ..... 10
3.1. Hoonete maanduri maandustakistus ..... 13
3.2. Rikkesilmuse näivtakistuse mõõdistused ja kaitserakenduse leidmine ..... 16
4. HOONETE JAOTUSKESKUSED ..... 19
4.1. Peajaotuskeskus ..... 19
4.2. Tehnilise ruumi jaotuskeskus ja ventilatsiooni blokeering ..... 20
4.3 Liigpingepiirik ..... 22
5. KNX PROTOKOLLIL PÕHINEV HOONEAUTOMAATIKA SÜSTEEM ..... 25
5.1. KNX andmesiinide kaabeldus ..... 26
5.2. KNX struktuurskeem ja füüsilise aadressi formaat ..... 27
6. KÄOPESA PEREELAMUTE KNX VÕRK ..... 29
6.1. KNX moodulseadmed hoonete peajaotuskeskustes ..... 31
6.2. ETS ja veebipõhine kasutajaliides. ..... 34
6.3. Valgustuse juhtimine ..... 34
6.3.1. DALI liiteseadmetega valgustite juhtimine ..... 36
6.3.2. Kohaloleku andur ..... 37
6.3.3. Valgustite juhtimine millel puudub DALI liiteseade ..... 38
6.3.4. Valgustite lülitamine ruumipõhiselt ..... 39
6.4. Välisvalgustuse liitimine KNX süsteemiga ..... 40
6.5. Elektrienergia arvestinäidu edastamine läbi võrgu ..... 44
6.6. Vihmaveerenni kütete juhtimine ja ilmajaam ..... 45
6.7. Hoonete kütte ja ventilatsioonisüsteem ..... 49
KOKKUVÕTE ..... 54
KASUTATUD KIRJANDUS ..... 56
SMART HOUSE SOLUTIONS AND ELECTRICAL SYSTEM OF KÄOPESA FAMILY HOUSES ..... 59
LISAD ..... 61
Lisa A. Papli alajaama trafo ..... 62
Lisa B. Maanduri maandustakistuse mõõtmise protokoll ..... 63

Lisa C. Peajaotuskeskuse joonis ..... 64
Lisa D. KNX seadmete struktuurskeem ..... 65
LIHTLITSENTS ..... 66

# SISSEJUHATUS

Käesoleva bakalaureusetöö teemaks on „Käopesa pereelamute tark maja lahendus ja elektrisüsteem“. Teema valiku puhul sai määravaks viimasel ajal üha enam populaarsust koguma hakanud ja laialdasemat kajastuspinda leidnud tark maja kontseptsioon Töö autoril avanes võimalus 2013 aasta teisel poole valminud Käopesa pereelamutesse ehitada elektrikilbid, kuhu oli projekti järgi ette nähtud paigaldada KNX protokollil töötavad hooneautomaatika seadmed, huvist ajendatuna tekkis soov sealseid süsteeme ja lahendusi lähemalt uurida.

Töö autor on koostanud sarnasel teemal ka kursusetöö, kus vaatles Käopesa targa maja lahendusi. Käesolevas bakalaureusetöös on uuritud tarkmaja lahendust, töös on välja toodud milliseid süsteemi lahendusi pakub käesolev tark hoone. Töös on lisaks uuritud Käopesa pereelamute elektrivarustust ja elektrisüsteemi.

Enne töö kirjutamist eeldas autor hüpoteesidena:

1. Käopesa pereelamute KNX võrguga on integreeritud kogu küttesüsteem kui ka ventilatsioon.
2. Uute peremajade elektrivarustus saab toite olemasolevast Jaama 72 maja peajaotuskeskusest, kuhu on paigaldatud vastavad liinikaitseautomaadid.

Töö esimeses peatükis kirjeldatakse käesoleva töö eesmärki ja töös püstitatud ülesandeid, töö teises peatükis antakse ülevaade objektist, kolmandas peatükis uuritakse hoonete elektrivarustust, esitatud on mõõtmis tulemused ja teostatud lühisvoolu arvutused. Neljandas peatükis on uuritud hoonete jaotuskeskuseid, ventilatsiooni blokeeringut ja liigpingepiiriku parameetreid. Viiendas peatükis kirjeldatakse KNX protokollil baseeruvat hooneautomaatikasüsteemi, ning kuuendas peatükis uuritakse Käopesa pereelamutes olevaid tark maja lahendusi.

# 1. TÖÖ EESMÄRK JA PÜSTITATUD ÜLESANDED

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida Käopesa pereelamute tarkmaja lahendust ja elektrisüsteemi. Töös on püstitatud neli ülesannet:

Esimene ülesanne on välja selgitada kuidas on lahendatud hoonete elektrivarustus ning teha kindlaks hoonete täpne toitekaablite magistraalvõrk. Kuna tellijale üle antud teostusjoonised toitekaabli trasside osas ei vasta tegelikkusele.

Teiseks püstitatud ülesandeks on toitekaablite rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmised, lühisvoolude arvutused, kaitserakenduse leidmine ning hoonete maanduri maandustakistuse mõõdistused ja autor võrdleb saadud tulemusi 2013 aastal AS Pristise poolt teostatud maanduri maandustakistuse mõõtmiste tulemustega.

Kolmandaks ülesandeks on leida reaalne lahendus, kuidas ühendada olemas oleva välisvalgustus hooneautomaatika võrku võimalikult lihtsate ja majanduslikult soodsate vahenditega.

Neljandaks ülesandeks on kirjeldada ja hinnata Käopesa peremajade hooneautomaatika süsteemi.

# 2. OBEJEKTI ISELOOMUSTUS

Bakalaureusetöö raames käsitletav objekt sai nurgakivi detsembris 2012 ja anti tellijale üle septembris 2013.

Objekti tellija on SA Tartu Perekodu Käopesa. Ehituse peatöövõtja Bauschmidt OÜ, elektritööd teostas Elris Elekter OÜ, elektrikilbid ehitas ja paigaldas Ka Kilbid OÜ, KNX seadmed tarnis ja programmeeris Silman Elekter OÜ.

Kinnistul paikneb viis hoonet: lastekodu peahoone ja abihoone Jaama 72 ja kolm uut peremaja aadressidega Jaama 72/1, 72/2, 72/3, edaspidi töös nimetatud majad A, B ja C. Tegemist on pooleteistkordsete hoonetega (põhi- ja pööningukorrus), hooned on kasutusel pereelamutena ja on nii mahult kui planeeringult identsed. Pereelamute paigutusskeem on näidatud joonisel 1.

**Joonis 1.** Pereelamute paigutusskeem [1]

Ehitusregistri andmetel on ehitise nimetuseks märgitud Lastekodu (peremaja-tüüpi hoolekandehoone), hoonete kõrgus 6,6 meetrit ehitusalusepinnaga 229 m². Eluruumi pind 204,6 m², maht 1270m$^3$. Hoone energiatõhususe klass on B.[2] Hoone ruumide loetelu on välja toodud tabelis 2.1.

**Tabel 2.1** Hoone ruumide loetelu

| **Ruumi nimetus** | **Põranda pindala, m²** |
|---|---|
| Elutuba/Söögituba | 45,2 |
| Köök | 11,0 |
| Sahver | 4,4 |
| Külmhoiu ruum | 6,2 |
| Tehniline ruum | 5,4 |
| Garaaž/kuur | 16,5 |
| Garderoob | 8,6 |
| Esik | 7,7 |
| Tambur | 1,3 |
| Koridor 1 | 8,0 |
| Koridor 2 | 2,6 |
| Pesupesemis ruum | 4,2 |
| Sauna ruum | 4,6 |
| Leiliruum | 3,6 |
| Koristusvahendite ruum | 4,5 |
| WC | 2,2 |
| WC/vannituba | 7,1 |
| Ühene tuba 1 | 9,0 |
| Ühene tuba 2 | 9,0 |
| Kahene tuba 1 | 12,9 |
| Kahene tuba 2 | 12,9 |
| Kahene tuba 3 | 12,0 |
| Kahene tuba 4 | 12,0 |
| Kasvataja tuba | 9,1 |
| **KOKKU:** | **220** |

# 3. HOONETE ELEKTRIVARUSTUS

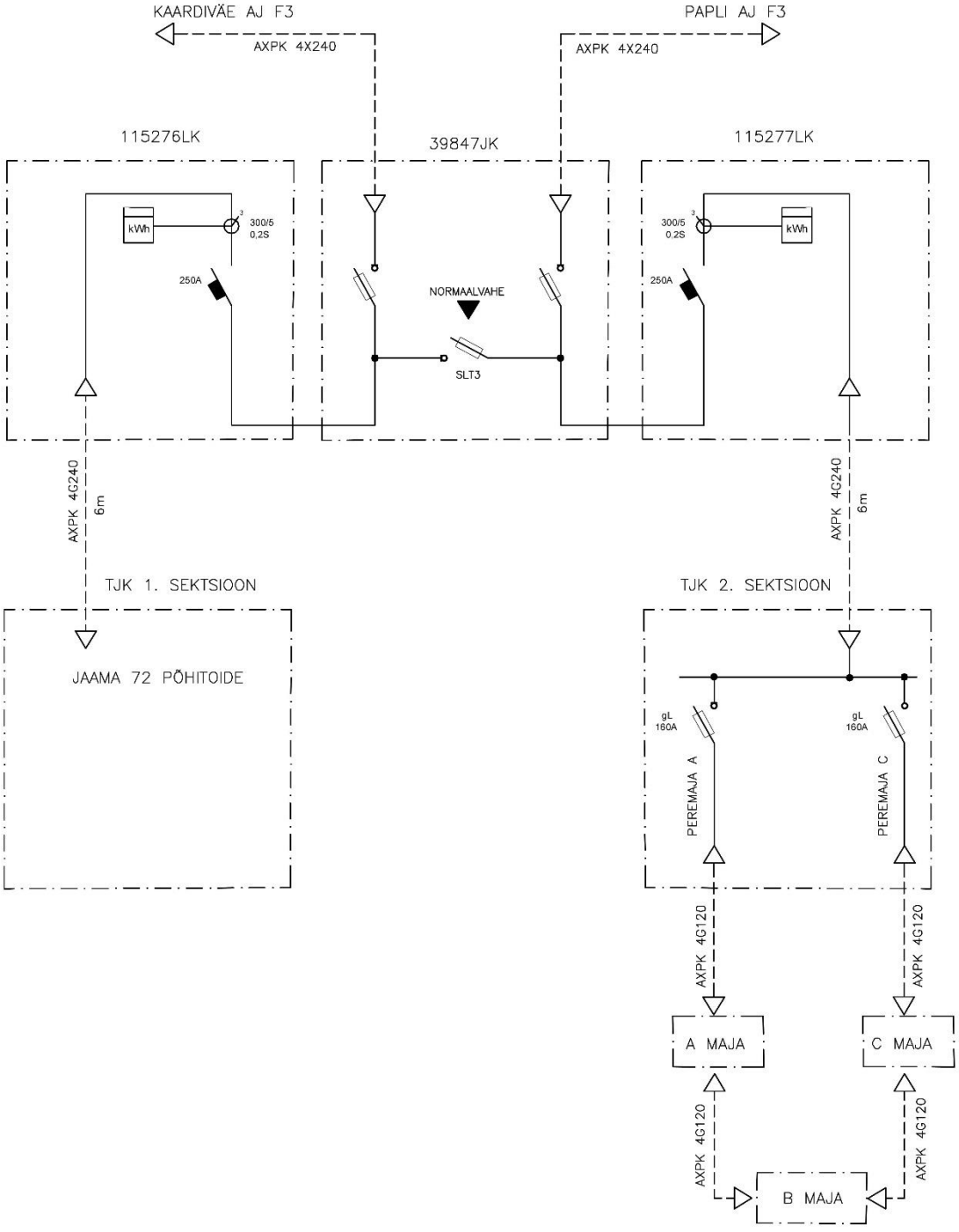
Kinnistul Jaama 72 on kaks liitumispunkti, krundi piiril asuvad liitumiskilp LK115276, Jaotuskeskus 39847 ja teine liitumiskilp LK115276. Liitumiskilbid ja jaotuskeskus on näidatud joonisel 2.

**Joonis 2.** liitumiskilbid ja jaotuskeskus

Alajaamadest tulevate toitekaablite sisestus on jaotuskilbis 39847JK. Liitumiskilp 115277LK saab toite 9 meetri kaugusel asuvast Papli alajaamast fiider 2-st ja liitumiskilp 115276 saab oma toite 170 meetri kaugusel asuvast Kaardiväe alajaamast fiider 3-st. Papli ja Kaardiväe alajaamade trafode näivvõimsused on 1000 kVA. Papli alajaama trafo on esitatud lisas A.

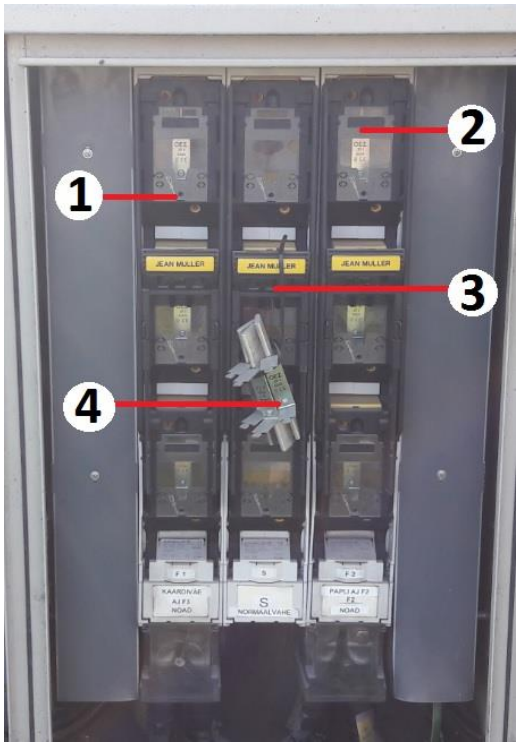
Liitumiskilbist 115276LK saab toite Tarbija jaotuskeskuse (TJK) sektsioon 1, millest toidetakse Jaama 72 Lastekodu peahoonet ja kinnistul asuvat abihoonet. Liitumiskilbist 115277 saab toite TJK sektsioon 2, millest saavad toite 2013 aastal valminud uued pereelamud Jaama 72/1, 72/3 (majad A ja C). Maja A toidetakse fiidrist F6, kaitseseadmeks on sulavkaitsmed 3×160 A, toitekaabli mark on AXPK 4G120. Maja C saab toite fiidrilt F7,

kaitseseadmeks sulavkaitsmed 3×160 A, toitekaabel on samuti AXPK 4G120. Hoonet B on võimalik toita nii majast A kui C. Hoonete vahelised toitekaablid on AXPK 4G120, nii on tekitatud majade vahel ringtoide. Kui üks fiider peaks tööst ära langema, on võimalik toita hooneid ainult ühelt fiidrilt, selleks tuleb teostades hoone peajaotuskeskusest (PJK) ümberlülitus. Hoonete elektrivarustust ja hoonete vahelist ringtoidet kirjeldab joonis 3.




**Joonis 3.** Jaama 72 hoonete elektrivarustus

Jaotuskilbist 39847JK on vajadusel võimalik teostada ümberlülitus kui ühes alajaamas on rike või toimuvad hooldustööd. Vastavalt kas Papli AJ või Kaardiväe AJ toitele. Ümberlülitamine teostatakse järgmiselt, näiteks kui Papli AJ on rike, siis kõigepealt paigaldatakse jadavinnaklülitisse SLT3 lühisnoad ja seejärel lahutatakse Papli alajaamast tuleva fiidri jadavinnaklüliti. Nii on võimalik rikke korral toita ühest alajaamast kogu kinnistul asuvat hoonete kompleksi, ilma kliendile katkestust tekitamata. Joonisel 4 on näidatud jadavinnaklülitid jaotuskilbis 39847JK.




**Joonis 4.** Jadavinnaklülitid jaotuskilbis 39847: 1 – jadavinnak kaardiväe AJ F3; 2 – jadavinnak papli AJ F2; 3 – jadavinnak SLT3 ümberlülitamiseks; 4 – lühisnoad (630A)

## 3.1. Hoonete maanduri maandustakistus

Hoonetel on ringmaandur ja III klassi piksekaitse mis vastab standardi EVS-EN 62305-3:2007 nõuetele. Ringmaanduri kontuuris on kasutatud RD 10 FD ümarterast ja piksekaitsel RD 8 AL F12 ümarjuhti.

Töö autor teostas lõputöö raames maandustakistuse mõõdistused lihtsustatud meetodiga. Mõõdistused teostati 03.05.2016.a. mõõteseadmega Kyoritsu kombitester 6050, mõõtemääramatusega 20%.

Mõõtmiste ajal oli riikliku ilmateenistuse andmetel õhutemperatuur 17,9 °C, õhuniiskus 38 % ja sademed puudusid [3]. Mõõtmiste ajal oli maapind kuiv.

Mõõdistustulemused ja arvutuslik maandustakistus on ära toodud tabelis 3.1. Joonisel 5 on näidatud maanduri maandustakistuse mõõdistust hoones C.

**Tabel 3.1.** Mõõdistustulemused ja arvutuslik maandustakistus

| Objekt | Mõõdetud takistus, Ω | Parandustegur (id) | Arvutuslik takistus, Ω |
|---|---|---|---|
| Ringmaandus maja A | 13,7 | 1,2 | 16,44 |
| Ringmaandus maja B | 14,1 | 1,2 | 16,92 |
| Ringmaandus maja C | 13,3 | 1,2 | 15,96 |

**Joonis 5.** Maandustakistuse mõõdistamine hoones C

AS Pristis teostas maanduri maandustakistuse mõõdistuse 03.07.2013 lihtsustatud meetodiga, mõõteriistaga Kyoritsu 6016, mõõtemääramatusega 20%.

Mõõtmiste ajal oli mõõteprotokolli andmetel õhutemperatuur 18 °C, õhuniiskus 85 % , sademed puudusid ja märgitud on, et maapind oli külmunud, mõõdistused on läbi viidud suvisel ajal ning mõõtmiste ajal oli õhutemperatuur 18 °C, on alust arvata, et maapind ei olnud tegelikult külmunud, seda kinnitab ka asjaolu, et õhutemperatuur antud kuupäeval ei langenud kordagi alla 13 °C tuginedes riikliku ilmateenistuse andmetele [3].

Tabelis 3.2 on näidatud mõõdistustulemused ja arvutuslik maandustakistus. Andmed pärinevad AS Pristise poolt koostatud maanduri maandustakistuse mõõtmise protokollist, mis on esitatud lisas B.

**Tabel 3.2** Mõõdistustulemused ja arvutuslik maandustakistus teostatud AS Pristise poolt

| Objekt | Mõõdetud takistus, Ω | Parandustegur (id) | Arvutuslik takistus, Ω |
|---|---|---|---|
| Ringmaandus maja A | 2,15 | 1,2 | 2,58 |
| Ringmaandus maja B | 2,33 | 1,2 | 2,80 |
| Ringmaandus maja C | 1,90 | 1,2 | 2,28 |

**Joonis 6.** Kyoritsu 6016 [4]

Maanduri maandustakistuse mõõtmis tulemuste erinevuse põhjused võivad olla tingitud:

1. Mõõteseadmetest tulenev erinevus.
2. Ilmastiku tingimustest tulenev erinevus.
3. Eksitud mõõteprotokollis mõõte tulemustega.

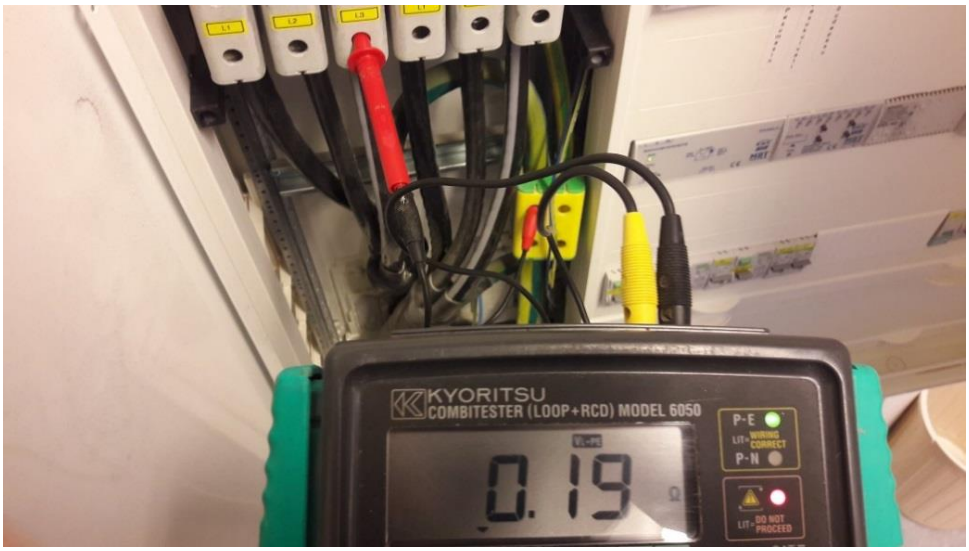
## 3.2. Rikkesilmuse näivtakistuse mõõdistused ja kaitserakenduse leidmine

Autor teostas töö käigus rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmised ja arvutasin lühisvoolud, veendumaks, kas TJK sektsioon 2-s olevad sulavkaitsmed on valitud õigesti. TJK sektsioon 2 on peremajade toiteks kaks fiidrit, toitekaablid AXPK4G120, liinikaitseks gG tüüpi sulavkaitsmed 3×160A NH2 gabariidiga. Mõõdistuse tulemused on välja toodud tabelis 3.4

Mõõdistused teostati 03.05.2016.a. mõõteseadmega Kyoritsu kombitester 6050. Näidatud joonisel 7.

**Tabel 3.4** Mõõdetud rikkesilmuse näivtakistused majade kaupa

| Objekt | Mõõdetud rikkesilmuse näivtakistus, Ω |
|---|---|
| Maja A | 0,20 |
| Maja B | 0,24 |
| Maja C | 0,19 |




**Joonis 7.** Maja C toitekaabli näivtakistuse mõõtmine

Sulavkaitsme gG 160 A vähim lubatud lühisvool, mille korral kaitse rakendub hiljemalt 5 sekundiga on kirjanduse andmetel 950 A. [5]

$I_{\mathrm{a}} = 950\ A$

kus, $I_{a1}$ on vähim lühisvool, mille korral sulavkaitse peab rakenduma 5 sekundi jooksul A;

Arvutan 1-faasilised lühisvoolud. [6]

$$I_a = \frac{U_n}{Z_s} \tag{3.1}$$

kus, $I_a$ on arvutatud 1-faasiline lühisvool

$U_n$ on võrgu nimipinge V;

$Z_S$ on mõõdetud rikkesilmuse näivtakistus Ω;

Seega 1-faasilised lühisvoolud on järgmised:

Maja A

$$I_a = \frac{230}{0{,}20} = 1150\ A$$

Maja B

$$I_a = \frac{230}{0{,}24} = 958\ A$$

Maja C

$$I_a = \frac{230}{0{,}19} = 1211\ A$$

Järeldus: Toitekaabli liine kaitsvad sulavkaitsmed rakenduvad lühisvoolu korral, kuna arvutatud lühisvoolud on suuremad kui vähim lubatud lühisvool, mille korral sulavkaitse peab lahutama $I_a > I_{a1}$. Seega on kaitserakendus tagatud.

# 4. HOONETE JAOTUSKESKUSED

Igas hoones on kaks jaotuskeskust, peajaotuskeskus (PJK) ja jaotuskeskus (JK2). PJK-st saavad toite maja pistikupesad, ATS (automaatne tulekustutussüsteem) keskused, toitepunktid, valgustus sh. ka JK2 mis asub hoone tehnilises ruumis, kus oma korda saavad toite hoone ventilatsiooniagregaat, jahutusseade, soojuspump ja elektrikatel ning ruumi pistikupesad ja valgustus.

## 4.1. Peajaotuskeskus

PJK korpus ja sisu on projekteeritud Hageri vabavaralise tarkvaraga Magnetplaner Version 5.1 [7]. Kilbi tüüp on FP83TN2, mõõtudega 1250×800×205mm, kilp on pinnapealse paigaldusega ja kaitseastemega IP44 [8]. Kilpi on projekteeritud 156 moodulikohta.

PJK-s on kaks toitekaabli sisestust (sisestus nr.1 ja sisestus nr.2), mõlemale sisestusele on kilpi paigaldatud kolmepooluseline lahklüliti 160 A.

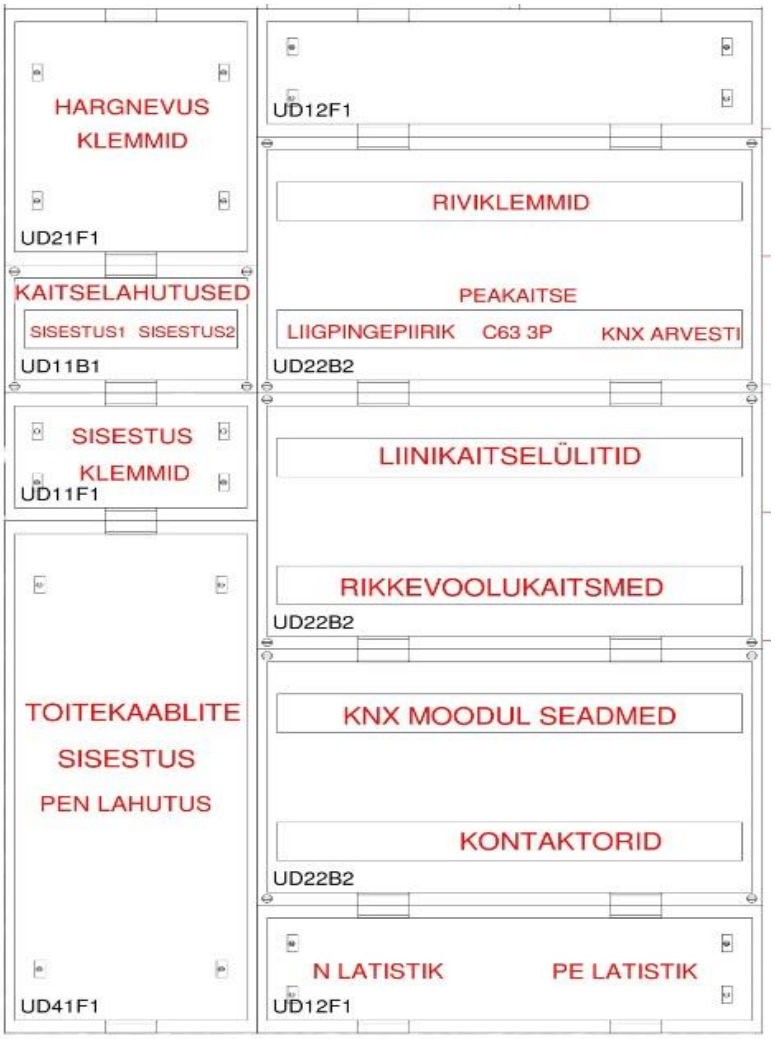
Kilbi juhistikusüsteem on TN-C-S. Antud juhistiku süsteemi puhul on kaitse- ja neutraaljuht teineteisest eraldatud tarviti poolses ja toiteallika poolses võrguosas ühitatud [9:127].

Nimivool $I_n$ = 160 A ; nimipinge $U_n$ = 3x230/400 V ; lahutusvõime lühisvoolu korral $I_t$ = 6 kA, installeeritud võimsus $P_i$ = 67,0 kW, arvutuslik võimsus $P_a$ = 40 kW, arvutuslik vool faasis $I_{af}$ = 61 A.

PJK-s on kaks sektsiooni: transiitsektsioon, kus on teostatud toitekaablite sisestused, selles sektsioonis asuvad lahklülitid, toitekaablite ühendusklemmid ja hargnevusklemmid.

PJK teine sektsioon on elamu sektsioon, kus asuvad hoone peakaitse, liigpingepiirik, elektrienergiaarvesti, kaitseautomaadid, rikkevoolukaitsmed, pingetrafod, kontaktorid, indikatsioonlambid, positsioonilülitid, neutraali- ja maanduslatid, riviklemmid, KNX

täiturseadmed, erinevad KNX lüüsid ja toiteplokid. KNX seadmetele kilbis on 26 mooduli suurune ruum, eraldi teistest tugevvoolu aparaatidest. Peajaotuskeskuse joonis on esitatud lisas C. Joonisel 8 on näidatud seadmete paigutus PJK-s.




**Joonis 8.** Seadmete paigutus PJK-s

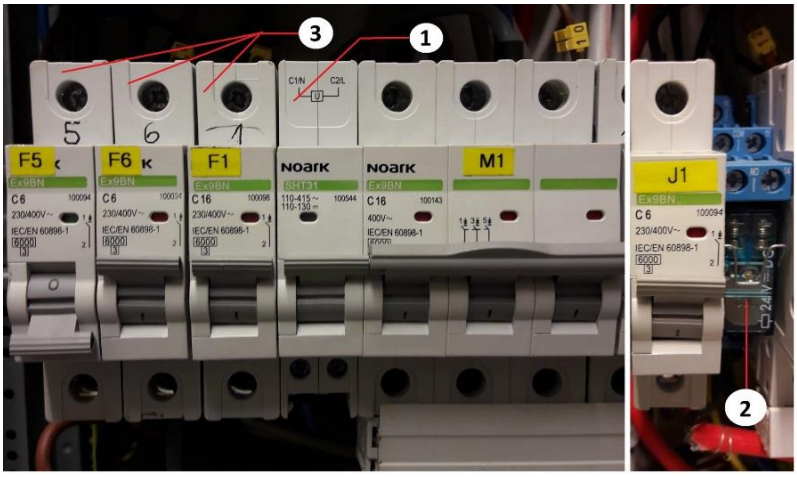
## 4.2. Tehnilise ruumi jaotuskeskus ja ventilatsiooni blokeering

Hoone tehnilises ruumis asuv jaotuskeskus (JK 2), saab toite PJK-st toitekaabliga MMJ 5G10. Kilbi nimivool $I_n$ on 63 A.

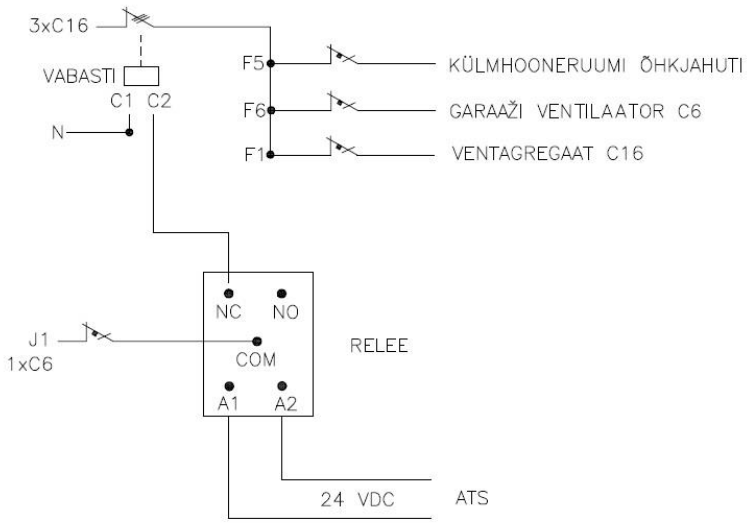
Kilp on pindpaigaldusega Hager FWB 41 kaitseastmega IP44 ning kilbis on 48 moodulikohta [10]. Juhistikusüsteem on TN-S, kus neutraal- ja kaitsejuht on omavahel eraldatud [9: 126].

Jaotuskeskusesse JK 2 on ehitatud ventilatsiooni blokeering. Ventilatsiooni blokeering on ehitanud käesoleva töö autor poolt vastavalt projektile. Blokeeritakse antud juhul ventilatsiooniagregaat VS-1, garaaži ja tehnilise ruumi katuseventilaatori toiteid.

Blokeering toimib järgmiselt: ventilatsiooniagregaadi, garaaži ja tehnilise ruumi katuseventilaatorite liinikaitsvate kaitseautomaatide ette on paigaldatud kolmepooluseline C16 kaitseautomaat, mis on kilbis markeeritud M1. Kaitseautomaadi M1 vasakule küljele on paigaldatud sõltumatu vabasti. ATS keskus annab normaalses töö olekus pidevalt pinge 24VDC relee mähisele A1 ja A2. Juhtahela kaitseautomaadist J1 saab 230 VAC (pinge vahelduvvoolul) pinge relee kontakt COM. Relee normaalselt suletud (NC) kontakt on ühendatud sõltumatu vabasti kontaktiga C2. Kui ATS läheb häiresse kaob pinge 24 VDC (pinge alalisvoolul) relee mähise kontaktidelt A1 ja A2 ja läbi relee NC kontakti antakse 230 VAC pinge sõltumatu vabasti kontaktile C2 ning vabasti rakendub lülitades välja kaitseautomaadi M1, ning ventilatsioon seiskub. Seadmete töö taastamiseks tuleb füüsiliselt kilbist JK 2 sisse lülitada kaitseautomaat M1. Joonisel 9 on näidatud ventilatsiooni blokeeringu komponendid ja joonisel 10 on näidatud ventilatsioonisüsteemi blokeeringu tööpõhimõtte skeem.




**Joonis 9.** Ventilatsiooni blokeering komponendid: 1 – sõltumatu vabasti; 2 – relee 24VDC; 3 – liinikaitseautomaadid




**Joonis 10.** Ventilatsiooni blokeeringu tööpõhimõtte skeem

## 4.3 Liigpingepiirik

Hoonete peajaotuskeskustesse (PJK) on paigaldatud liigpingepiirikud tüüp 1+2 (OBO V25 B+C 3-280). Liipingepiirik kaitseb hoones olevaid elektriseadmeid transientliigpingete eest.

Transientliigpingete puhul on tegemist pinge impulssidega, mis on lühiajalised ja on mõõdetavad mikrosekundites, pinge impulsside amplituudväärtus võib ületada võrgu nimipinget kordades [11: 10].

Transientliigpingeid liigitatakse tekke järgi järgmiselt: pikse- ehk välguliigpinge, mis tekib pikselöögi tagajärjel hoone elektripaigaldisse ja lülitusliigpinged, mis võivad tekkida induktiivahela väljalülitamise korral [12: 63].

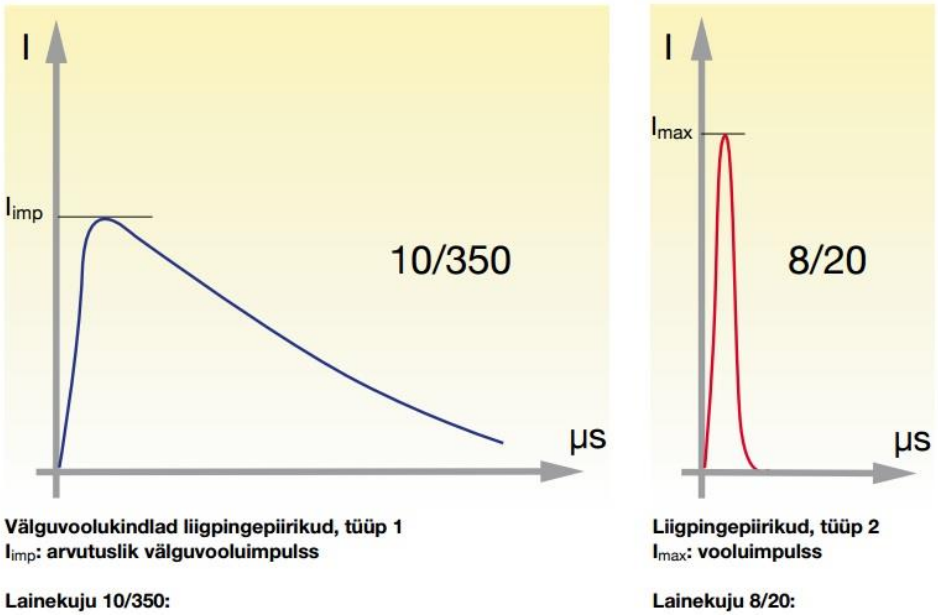
Liigpingepiiriku tüüp 1+2 on puhul on tegemist kombineeritud välguvoolu- ja liigpingepiirikuga. Tüüp 1+2 on vastavalt standardile EN 61643-11, kasutatakse ka klass I+II vastavalt standardile IEC 61643-1 [11: 136]. Liigpingepiirik tüüp 1+2 on valitud Käopesa pereelamutesse kuna hoonetel on väljaehitatud piksekaitse. Liigpingepiirik hoone

peajaotuskeskuses on näidatud joonisel 11 ja liigpingepiiriku vooluimpulsside lainekujud on näidatud joonisel 12.

Valitud liigpingepiiriku OBO V25 B+C 3-280 põhilisemad näitajad:

1. Arvutuslik välguvool $I_{sb}$ on amplituudväärus impulssvoolul 10/350 µs, mis on ettenähtud välguvoolu ära juhtimiseks, mida peab piirik olema suuteline taluma teatud arv kordi, ilma et tekiksid mehaanilised kahjustused, antud juhul on $I_{sb} = I_{imp}$ = 7 kA ühe pooluse kohta. Kolme pooluse kohta ühtlase jagunemise korral $I_{Total}$ = 21 kA [11, 13]. Vooluimpulsi lainekuju on näidatud joonisel 12.
2. Piirlahendusvool ehk maksimaalne lahendusvool $I_{sg}$= $I_{MAX}$ on amplituudväärtus impulssvoolul 8/20 µs, mida ilma mehaanilise kahjustuse tekketa peab piirik kindalasti taluma [11, 13].
3. Kaitsetase ehk kaitseniivoo $U_p$ on pinge amplituudväärtus mis jääb kaitstava seadme klemmidele piiriku rakendumisel. Valitud liigpingepiirikul on see $U_p$ < 900V [10, 13].
4. Maksimaalne lubatav talitus pinge $U_c$ on suurim pinge efektiivväärtus mille korral piirik võib kestvalt ja kahjustumata töötada. Antud juhul on $U_c$ = 280V [11, 13].

**Joonis 11.** Liigpingepiirik tüüp 1+2 hoone PJK-s




**Joonis 12.** Vooluimpulssi lainekuju [14]

# 5. KNX PROTOKOLLIL PÕHINEV HOONEAUTOMAATIKA SÜSTEEM

Käesolevas bakalaureusetöös kasutab töö autor materjale enda poolt varasemalt esitatud kursusetööst „Käopesa lastekodu targa maja lahendus“ aines inseneriinformaatika [15]. Materjale eelpool nimetatud kursusetööst kasutab autor bakalaureusetöö järgmistes peatükkides 5; 5.2; 6; 6.1; 6.3; 6.3.1; 6.3.2; 6.3.3; 6.3.4; 6.5; 6.6; 6.7.

KNX hooneautomaatikalahendused leiavad laialdast kasutust eramutes ja kortermajades, kui ka tööstus – ja ärihoonetes. KNX süsteem muudab hoone haldamise mugavamaks, paindlikumaks ja majanduslikus aspektis efektiivsemaks [15, 16].

KNX on nii euroopa standarditele CENELEC EN 50090 ja CEN NE 13321-1 samas ka rahvusvahelise ISO/IEC 14543-3 standardile vastav avatud protokoll [17]. KNX protokoll mõeldud hoone süsteemide juhtimiseks, nii valgustuse, kütte, ventilatsiooni, jahutuse, aknakatete, turva- ja tulekahjusüsteemidele kui ka mõõtesüsteemidele ja multimeedia juhtimiseks [18]. Antud süsteemi puhul on tegemist detsentraliseeritud siinisüsteemiga kus puudub keskne kontroller [19].

KNX süsteem võimaldab juhtida mitut funktsiooni täitvaid seadmeid. Seadmetega suhtlemiseks kasutab süsteem andmesiini (*bus line*), mis paigaldatakse toiteplokkide ja juhtseadmete vahele. KNX süsteemil töötavaid seadmeid valmistavad näiteks järgmised tootjad: Bosch & Siemens, Electrolux, Moeller, Samsung, Viessmann, ABB, Hager, MDT technologies Eaton, Schneider, Berker, jne. [20, 15]

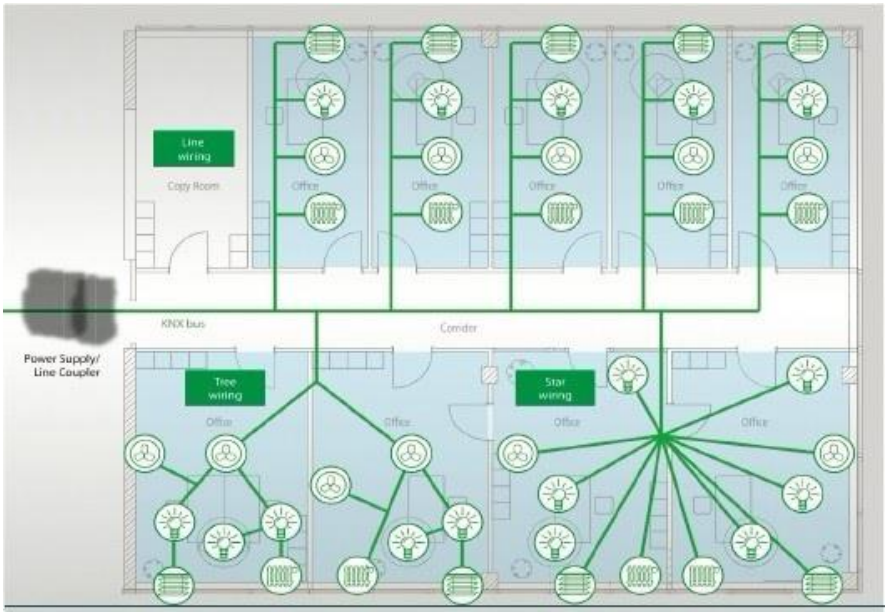
Ka Käopesa pereelamutes on kasutatud hooneautomatiseerimiseks KNX süsteemi. Süsteemi abil juhitakse antud juhul hoonete valgustust, kütet, vihmaveerenni kütteid ning samuti on võimalik jälgida veebipõhise kasutajaliidese abil elektrienergia näitu ja reaalajas hoone hetke elektrienergia tarbimis võimsust.

KNX protokolli seadmeid on võimalik ühendada teisi protokolle kasutavate seadmetega, näiteks on olemas üleminekumoodulid Modbus-ile, BACnet-ile ja DALI-le [21]. Käopesa

peremajades on DALI protokoll, mis on mõeldud valgustuse juhtimiseks liidetud KNX süsteemiga. Selleks on paigaldatud peajaotuskeskustesse DALI/KNX lüüs.

## 5.1. KNX andmesiinide kaabeldus

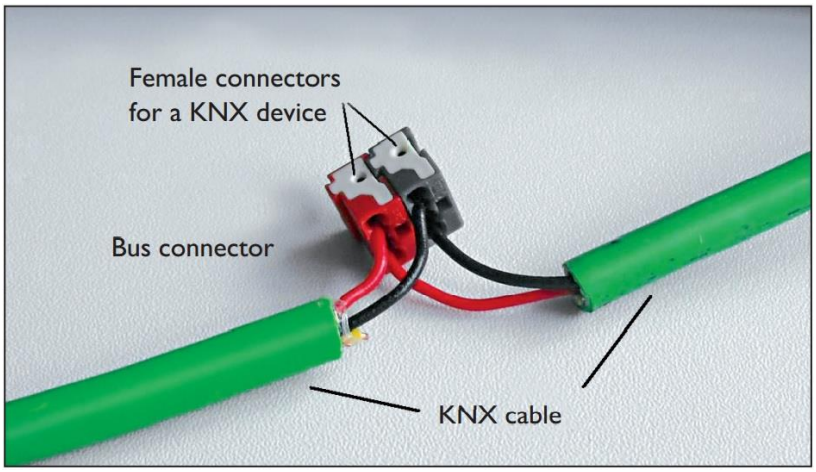
Siiniseadmetega suhtlemiseks kasutab KNX andmesiini (*bus*), mis varustab siiniseadmeid ka vajaliku töö pingega. Andmesiinide kaabelduse teostamise kohapealt võimaldab KNX süsteem olla küllaltki paindlik, võimalikud seadmete ühendusviisid on jadamisi (*linear wiring*), puu ühendus (tree wiring), tähte ühendatud (*star wiring*) või nendest kolmest kombineeritud ühendus, oluline on jälgida, et ei tekiks ring ühendust sellisel juhul hakkavad süsteemi töös tekkima tõrked. [22: 21]. Võimalikud ühendusviisid on ära toodud joonisel 13.




**Joonis 13.** Andmesiinide ühendus skeem [23]

Soovitatavad kaablite margid, mida kasutada andmesiinide kaabeldusel, hoone sisesel paigaldusel näiteks J-Y(St)Y 2 x 2 x 0.8 või YCYM 2 x 2 x 0.8, mis on spetsiaalselt mõeldud KNX andmesiinide kaabliks. Välitingimustesse sobib kaabel A-2Y(L)2Y. [24]

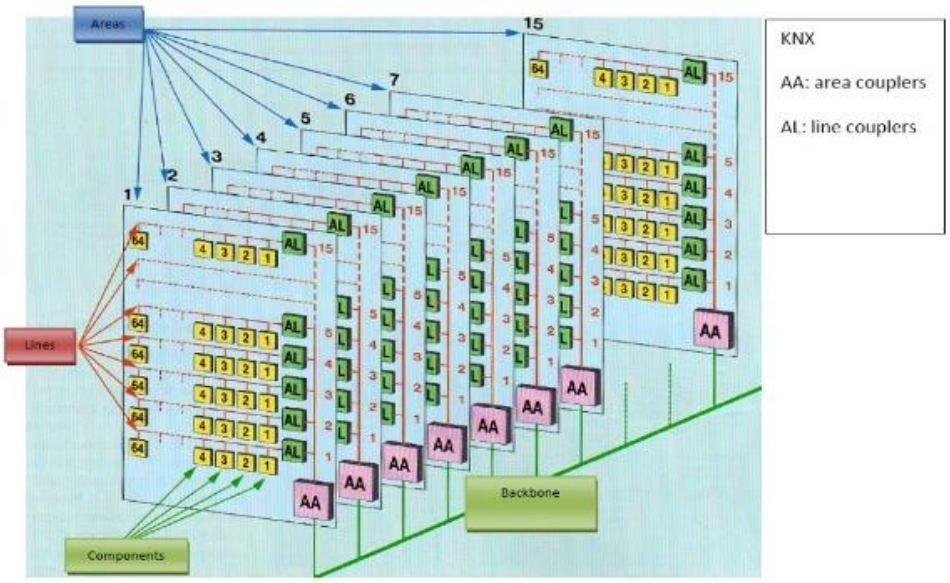
Andmesiinide kaablid ühendatakse siiniseadmega läbi terminalide, ühel terminalil on neli pistetavat kontakti, terminalid on näidatud joonisel 14. Terminale on võimalik siiniseadmest lahti ühendada, see võimaldab üksikuid siiniseadmeid võrgust lahti ühendada ilma KNX võrku katkestamata. [24]




**Joonis 14.** KNX terminalid [24]

## 5.2. KNX struktuurskeem ja füüsilise aadressi formaat

Ühte KNX võrku on võimalik luua maksimaalselt 15 piirkonda (*areas*) ja iga piirkonna ees oleval piirkonnaühendajal (*area coupler*) saab olla kuni 15 liini ja ühele liinile saab maksimaalselt integreerida 64 seadet, mida ühendab liini ees olev liiniühendaja (*line coupler*). Piirkonnad on omavahel ühendatud selgrooliiniga (*backbone line).* KNX võrgus on igal seadmel oma kindel aadress [25, 15]. Joonisel 15 on näidatud KNX struktuur.




**Joonis 15.** KNX struktuur. [26]

Füüsilise aadressi paiknemine siinisegmendis: piirkond 1-15. liin 1-15. seade 1-256 Füüsiline aadress koosneb kahest baidist, ehk 16 bitist, sellest 4 bitti piirkonna, 4 bitti andmesiini liini ja 8 bitti seadme tuvastamiseks [19, 25].

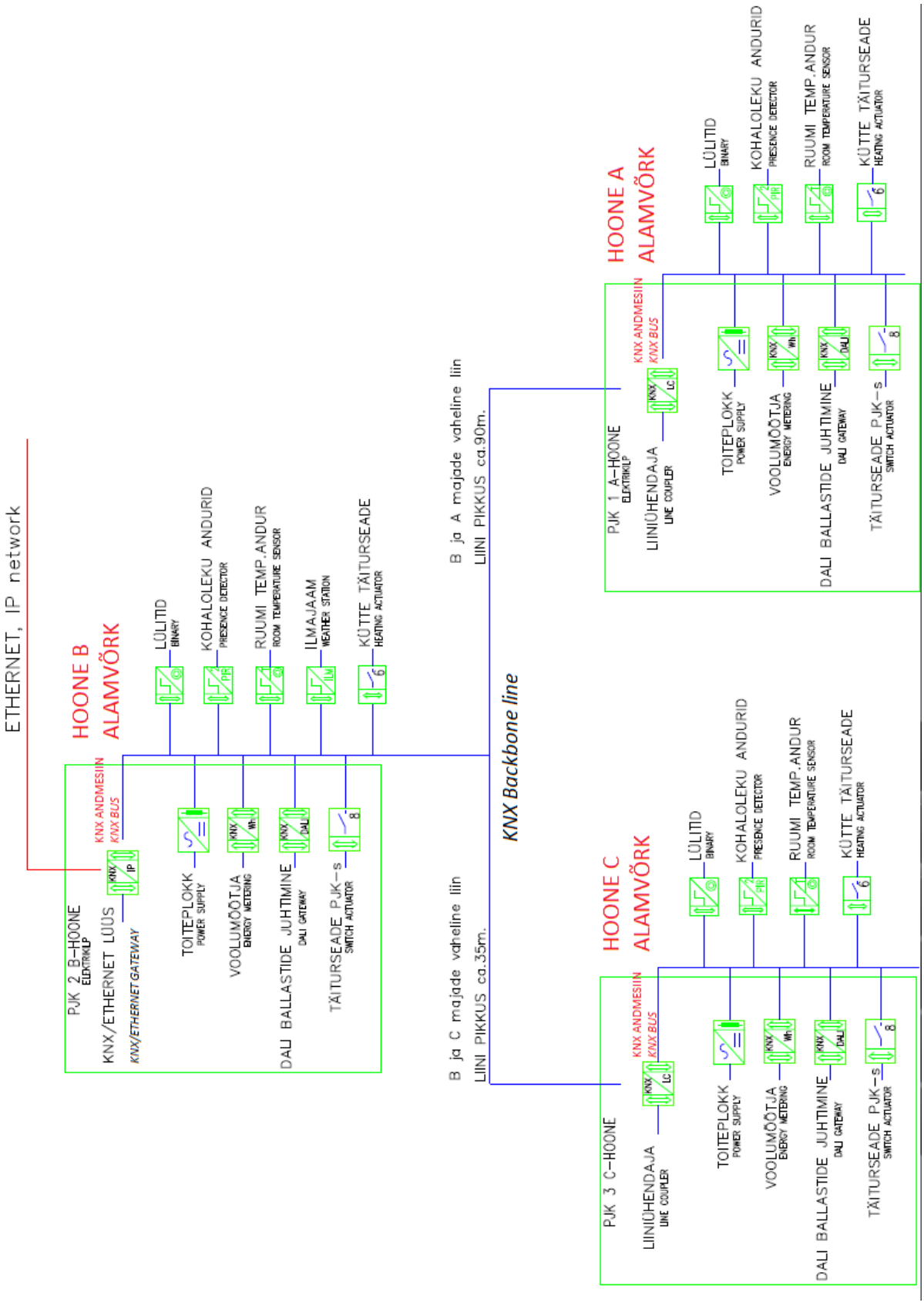
# 6. KÄOPESA PEREELAMUTE KNX VÕRK

Käopesa peremajad A, B ja C on kõik ühendatud ühtsesse KNX võrku. Kokku on peremajades 145 KNX protokollil töötavat siiniseadet, sinna hulka kuuluvad KNX/Ethernet lüüs, ilmajaam, toiteplokid, KNX/Dali lüüsid, liiniühendajad, voolumõõtjad, täiturseadmed, andurid.

Hoones B asub KNX/Ethernet lüüs, mis ühendab omavahel KNX võrgu ja Ethernet kohtvõrgu. Läbi Ethernet kohtvõrgu, mis on ühendatud internetiga, saab KNX siiniseadmeid juhtida ja monitoorida läbi interneti.

Käopesas KNX võrk on jaotatud kolmeks alamvõrguks ehk iga maja on eraldi alamvõrgus. Alamvõrgud on ühendatud omavahel ühe selgrooliiniga (*backbone line*). Pereelamutes KNX võrku on kirjeldab joonis 16.

Hoonete vaheline ja hoonete sisene andmesiinide kaabeldus on tehtud signaalkaabliga KLMA 2x0,8+0,8 [15]. Hoonete vahelised andmesiinikaablid on paigaldatud kaablikaitsetorudesse tugevusklassiga B 450N ja teede alt tugevusklassiga A 750N.




**Joonis 16.** KNX võrk Käopesa peremajades [15]

## 6.1. KNX moodulseadmed hoonete peajaotuskeskustes

Hoonete peajaotuskeskustes asuvad järgmised KNX moodulseadmed: toiteplokid, täiturseadmed, KNX/DALI lüüsid, liiniühendajad majades A ja C ning B hoones KNX/Ethernet lüüs. Seadmed kinnituvad DIN latile [15].

Toiteplokk *(Bus Power Supply)*, 640mA, varustab KNX süsteemi 30 VDC (volti alalisvoolu) pingega. Kõigi hoonete peajaotuskeskustes on ettenähtud eraldi toiteplokk KNX siiniseadmete jaoks [15]. Toiteplokk saab toite läbi kilbiruumis oleva UPS seadme (näivvõimsusega 400VA/8min). Toiteplokk on näidatud joonisel 17.

**Joonis 17.** Toiteplokk KNX seadmetele [15]

KNX / Ethernet lüüs (*KNX / Ethernet Gateway*) on liides, mille abil ühendatakse omavahel KNX võrk ja Ethernet kohtvõrk. Liides on ühendatud kohtvõrku Ethernet võrgukaabliga CAT5e UTP võrgupesa RJ45 kaudu. Joonisel 18 on näidatud KNX/ Ethernet lüüs.

**Joonis 18.** KNX / Ethernet lüüs

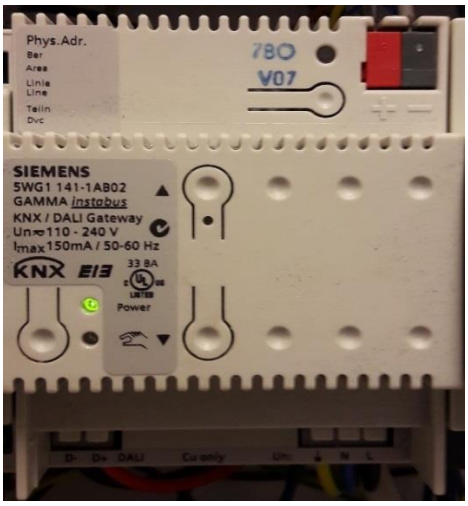
Liiniühendaja *(line coupler*) ühendab oma vahel KNX selgrooliini *(backbone line*) alamvõrguga liiniga. B majast tulev selgrooliin on ühendatud liiniühendaja terminali kontaktidele *Main*, alamvõrgu liin saab alguse liiniühendaja terminali kontaktidelt *Sub*, see läbi luuakse alamvõrgud hoonetesse, nii saavad võrgud hoonetes üksteisest sõltumata funktsioneerida. Liiniühendaja toimib filtrina isoleerides liinid omavahel galvaaniliselt, vähendades see läbi telegrammide liikumist selgrooliinis [15]. Joonisel 19 on näidatud KNX liinühendaja.

**Joonis 19.** KNX liiniühendaja

KNX täiturseadet *(switch actuator*) kasutatakse hoones teatud valgusti positsioonide juhtimiseks avatud või suletud kontakti printsiibil. Konkreetsel täiturseadmel on kaks 230 V sisendit, ühel sisendil on neli 230 VAC väljund kontakti nimivooluga 16 A. Kui vastav kontakt on suletud asendis, siis seda näitab seadmel olev roheline indikatsioon tuli. Kontakte on võimalik lülitada ka seadmel olevate nuppude kaudu kilbist. Täiturseade on näidatud joonisel 20.

**Joonis 20.** KNX täiturseade kilbis

KNX / DALI lüüs *(KNX / DALI Gateway)* ühendab omavahel KNX süsteemi ja DALI süsteemi. Lüüs võimaldab dimmerdada ja lülitada DALI liiteseadmega valgusteid. Antud seade võimaldab kontrollida ühte DALI liini ja ühel liinil on lubatud maksimaalselt 64 seadet [31]. Käopesa peremajades juhitakse KNX / DALI lüüsiga ühe hoone kohta ca. 50 DALI liiteseadmega valgustit [15]. Iga maja PJK-s on oma KNX / DALI lüüs, mis on näidatud joonisel 21.




**Joonis 21.** KNX / DALI lüüs

## 6.2. ETS ja veebipõhine kasutajaliides.

KNX süsteemi seadistamine ja siiniseadmete adresseerimine toimub ETS (*Engineering Tool Software)* tarkvara kaudu. ETS on tarkvara, mis on spetsiaalselt loodud KNX seadmete adresseerimiseks. Tarkvara töötab Windows platvormil. [27]

Käopesa pereelamutes puudub hoonekasutajal ligipääs ETS tarkvarale, mistõttu ei ole kasutajal võimalik seadmeid ümber adresseerida. Hoone kasutajal on võimalik veebipõhise kasutajaliidese abil juhtida valgustust, vihmaveerenni kütteid, reguleerida ruumide temperatuuri ja näha reaalajas hetke elektrienergia tarbimist. Kasutajaliidesena kasutatakse BAB technologie poolt loodud visualiseerimis tarkvara  Control L [28].

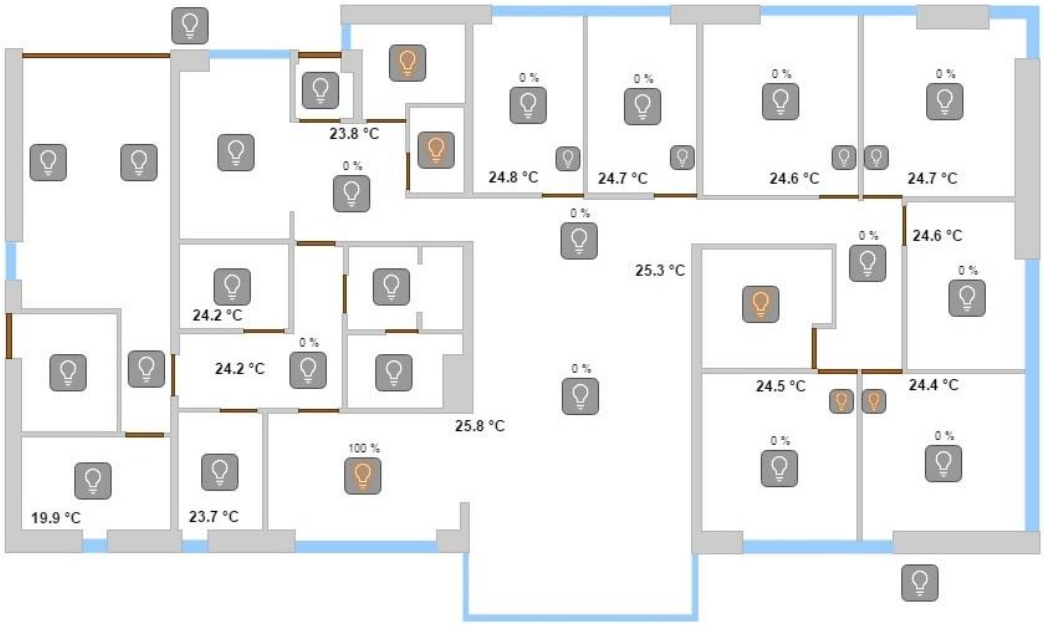
## 6.3. Valgustuse juhtimine

Valdav osa hoone valgustitest on DALI liiteseadmetega, nende valgustite puhul saab reguleerida valgustugevust (dimmerdada), tänu sellele on võimalik luua erinevaid meeleolusid ruumis, tuua esile ruumikujunduselemente kui ka säästa elektrienergialt [15].

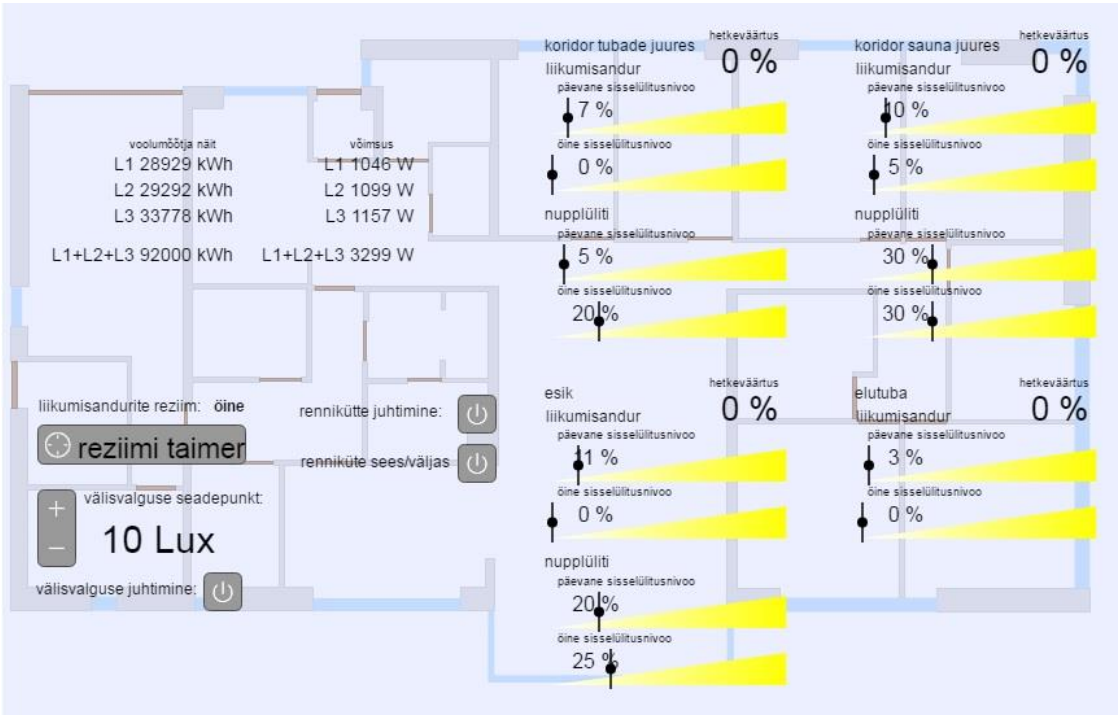
Peale DALI liiteseadmetega valgustite on hoones valgustid, mille valgustugevust reguleerida ei saa, valgusteid lülitatakse läbi kilbis oleva KNX täiturseadme. [15]

Kolmandaks on hoones valgusti positsioonid, mida eraldi lülitada ei saa nendeks on turvavalgustid ja *exit*-valgustid neid valgusteid on võimalik välja lülitada kilbist kaitseautomaadi lahutamisega.

Läbi veebipõhise kasutajaliidese saab reguleerida kohalolekuandurite sisselülitusnivood ning saab muuta kohalolekuandurite töörežiimi: kas öine või päevane. Võimalus lülitada ja reguleerida valgustuse valgustugevust ruumide kaupa ja saada ülevaade, millistes ruumides on valgustus sisse lülitatud. Joonistel 22 on näidatud valgustuse lülitamine ja valgustugevuse reguleerimine kasutajaliidese abil ning joonisel 23 on esitatud töörežiimi seadistamine kasutajaliidese abil.




**Joonis 22.** Valgustuse lülitamine ja valgustugevuse reguleerimine kasutajaliidese abil




**Joonis 23.** Tööreżiimi seadistamine kasutajaliidese abil

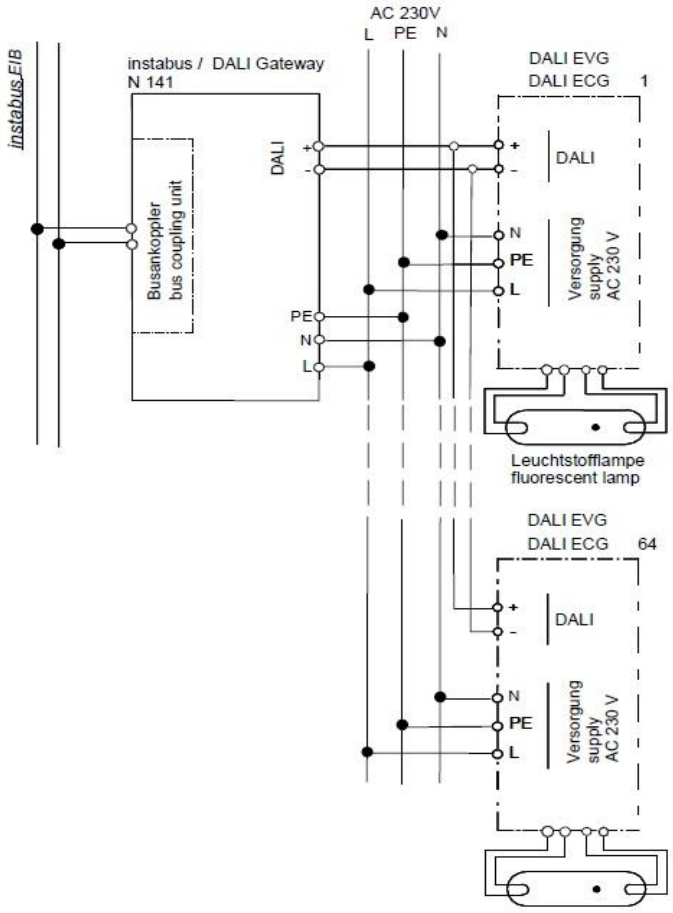
### 6.3.1. DALI liiteseadmetega valgustite juhtimine

DALI (*Digital Adressable Light Interface)* on valgustuse juhtimissüsteem, mis põhineb digitaalsel juhtimisel, kus igale valgustile on omistatud aadress võimaldades seeläbi juhtida iga valgustit eraldi vastavalt vajadusele. DALI valgustites on kasutatud intelligentseid liiteseadmeid excel one4all, mille juhtimine käib digitaalkoodi alusel. [29]

Liiteseadmetega suhtlemiseks kasutab DALI kahesuunalist digitaalsignaali edastavat juhet, kus maksimaalne liinipikkus tohib olla 300m. DALI süsteemi valgustitel on väga suur timmimis vahemik 0,1% -100%. [30]

DALI süsteemi on võimalik integreerida erinevate juhtsüsteemidega. Käopesa peremajades on DALI süsteem liidetud KNX süsteemiga. Hoone peajaotuskeskuses oleva KNX / DALI lüüsi ja valgustite liiteseadmete vahel toimub suhtlus. Hoones olevad DALI liiteseadmega valgustid on ühendatud ühele DALI liinile, kus ühel liinil saab maksimaalselt olla kuni 64 valgustit. Käopesa peremajas on ühel DALI liinil ca. 50 DALI liitseadmega valgustit [15].

Käopesa pereelamute DALI valgustite kaabeldusel on kasutatud kaablit PPJ 5G1,5.Juhi ristlõikega 1,5mm$^2$. Kaablisooned jagunevad järgmiselt: valgusti toiteliin, valgusti neutraal ja valgusti maandus. Kahe ülejäänud juhiga toimub DALI valgustite juhtimine, mille kaudu edastatakse digitaalsignaalid valgustite liiteseadmete ja kilbis oleva KNX / DALI lüüsi vahel. [15] DALI valgustite ja KNX / DALI lüüsi vaheline ühendusskeem on näidatud toodud joonisel 24.

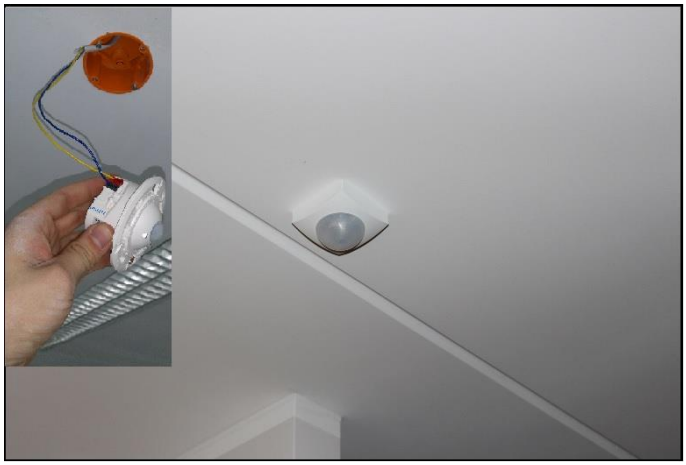



**Joonis 24.** DALI süsteemi ühendusskeem [31]

### 6.3.2. Kohaloleku andur

DALI valgustite juhtimise puhul on oluline roll ka kohaloleku anduritel. Andur koos valgussensoriga lülitab oma mõjupiirkonnas olevad valgustid sisse kui andur tuvastab kohalolu, samuti lülitab valgustid välja, kui mingi aja jooksul kohalolu ei registreerita.

Valgussensori abil reguleerib kohaloleku andur valgustugevust vastavalt ruumis olevale loomulikule valgusele ja etteantud sisselülitusnivoole, näiteks päevasel ajal kui ruumis on piisavalt päevavalgust, reguleeritakse valgustugevust vastavalt sellele [15]. Igas pereelamus on neli kohaloleku andurit. Andurid asuvad esikus, koridorides ning elu- ja söögitoas. Kohaloleku andur on näidatud joonisel 25.

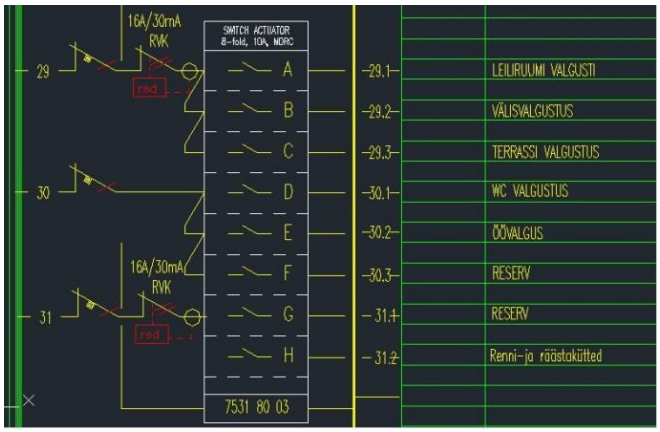


**Joonis 25.** Kohaloleku andur [15]

### 6.3.3. Valgustite juhtimine millel puudub DALI liiteseade

Hoones on ka valgusteid millel puudub DALI liiteseade, nende valgusti gruppide juhtimine käib läbi peajaotuskeskuses oleva KNX täiturseadme (joonis 20). Valgustid mida juhitakse täiturseadme abil on leiliruumi-, terrassivalgust, WC/vannitoa valgustid ja öövalgustid tubades ning valgustid hoone fassaadil.[15]

Valgustite grupi liinikaitselülitist antakse toide KNX täiturseadme sisendile ning väljund kontaktide avamise ja sulgemisega lülitatakse valgusteid. Käsklused kontaktide lülitamiseks antakse läbi KNX võrgu. Valgustite grupivõrgu skeem on näidatud joonisel 26.

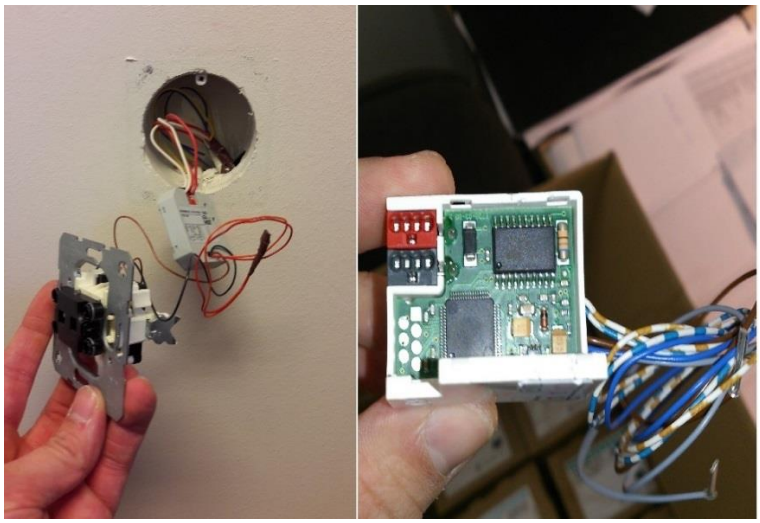



**Joonis 26.** Valgustite grupivõrgu skeem läbi KNX täiturseadme [15]

### 6.3.4. Valgustite lülitamine ruumipõhiselt

Peale automaatse valgustuse juhtimise läbi kohaloleku andurite ja veebipõhise kaugjuhtimise on loomulikult võimalik valgustust lülitada lokaalselt ehk ruumipõhiselt ruumi seinal paikneva lüliti kaudu [15]. Lüliti seadmetoosi on paigaldatud KNX liides, mis on ühendatud läbi tavalise vedrulüliti (impulsslüliti) [15]. Suhtlus toimub digitaalselt KNX liidese ja vastavalt kas KNX / DALI lüüsi või KNX täiturseadme vahel. DALI liiteseadmetega valgustite lülitamine ja dimmerdamine lülitist toimub järgmiselt: üks lühike vajutus lülitab valgustuse sisse, teine lühike vajutus lülitab valgustuse välja, dimmerdamine ülesse toimub kui hoida lülitiklahvi all ja dimmerdamine alla toimub kui vajutades lülitit uuesti ning hoides lülitiklahvi all.

Klassikaliselt olema harjunud nägema, et valgustuse lüliteid läbi 230 V võrgupinge, siis KNX-DALI süsteemi puhul läbib lülitit KNX võrgu enda pinge milleks on 30VDC. KNX liides ja vedrulüliti on esitatud joonisel 27.

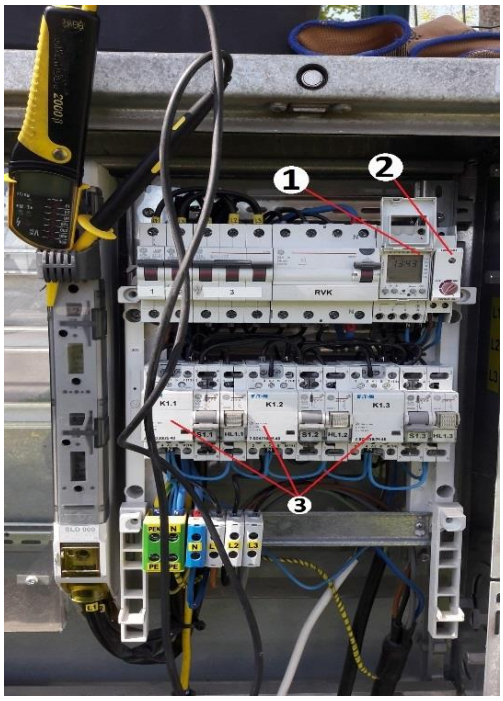


**Joonis 27.** KNX liides ja vedrulüliti

## 6.4. Välisvalgustuse liitimine KNX süsteemiga

Peremajade ehitustöödega paralleelselt ehitati välja ka uus välisvalgustus. Kokku on käopesa territooriumil kakskümmend kolm valgustit. Valgusallikatena on kasutusel naatriumlambid võimsusega 50W.

Välisvalgustus saab toite TJK sektsioonist 2 olevast välisvalgustuse kilbist (VJK).Praegu käib valgustuse juhtimine samas kilbis oleva hämaralüliti ja programmkellaga, mille abil juhitakse kilbis olevaid kontaktoreid. Hämaraandur on paigaldatud TJK kilbi taha küljele. VJK on näidatud joonisel 28.




**Joonis 28.**VJK: 1 – programmkell; 2 – hämarlüliti; 3 – kontaktorid

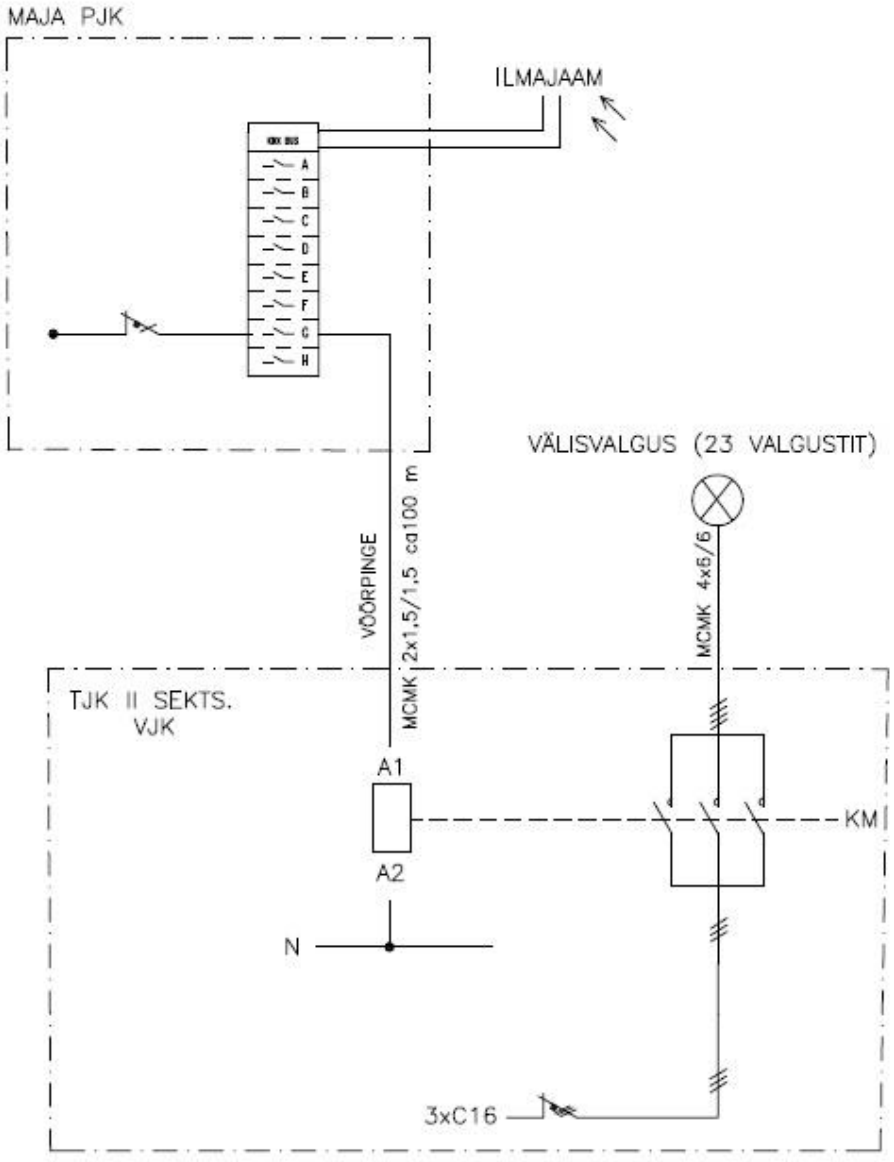
Käesoleva lõputöö üks ülesannetest on leida lahendust, kuidas oleks võimalik välisvalgustust juhtida läbi KNX hooneautomaatika. Selleks, et juhtida valgustust läbi hooneautomaatika, tuleb välisvalgustuse juhtahel liita KNX täiturseadmega.

Autor pakub välja järgmise lahenduse. Kuna välisvalgustuse kilp (VJK) asub TJK sektsioonis 2, sealt samast kilbist saab toite ka hoone A peajaotuskeskus. Hoone A toitekaabel AXPK4G120 on paigaldatud kaablikaitsetorusse, mille sisemine läbimõõt on 95mm, toitekaabli AXPK4G120 läbimõõt on 38mm.

Kaablikaitsetorusse on võimalik tõmmata lisaks uus kaabel, kasutades selleks tõmbefiibrit. Kaablitrassi pikkus on orienteeruv, kuna puudub täpne teostusjoonis, siis on trass mõõdetud ligikaudselt ca. 100 meetrit.

Kaabliks valisin MCMK 2×1,5/1,5, mis sobib nii sise – kui välistingimustesse. Juurde lisatavat MCMK 2×1,5/1,5 kaablit kasutatakse välisvalgustuse juhtahela juhtimiseks. Juhtimine saab toimuda läbi hoone A peajaotuskeskuses oleva täiturseadme, kus on hetkel reservis kaks kontakti „F“ ja „G“. Kasutades ära näiteks kontakti „G“ saab läbi antud kontakti saata 230VAC juhtpinge välisvalgustuse kilpi (VJK), millega juhitakse kilbis olevaid välisvalgustuse kontaktoreid. Välisvalgustuse kilpi tuleb lisada vastav markeering, et kilbis on võõrpinge hoone A peajaotuskeskusest.

KNX täiturseadme kontakti „G“ on võimalik juhtida läbi veebipõhise kasutajaliidese ning samuti on võimalik juhtida kontakti B hoone fassaadil oleva ilmajaama abil, mis mõõdab valgustihedust ja on võimalik sätestada kellaajalist konfiguratsiooni. Välisvalgustuse juhtimise põhimõtteskeem on näidatud joonisel 29.




**Joonis 29.** Välisvalgustuse juhtimise põhimõtteskeem on näidatud

Autor arvutab pingekao juurde lisatavas välisvalgustuse juhtahela liinis (MCMK 2×1,5/1,5). Pingekadu ühefaasilises liinis leitakse valemiga [21].

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot \rho \cdot 100}{s \cdot U^2} \sum P_t \cdot l \quad (6.1)$$

kus, $\Delta U_{\%}$ on pingekadu protsentides;

$\rho$ on vase eritakistus $\Omega\ \mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$;

$U$ on võrgupinge V;

$P_t$ on mähise tarbitav võimsus kontaktorite käivitamis hetkel W;

$s$ on juhiristlõige $\mathrm{mm}^2$; antud juhul 1,5 $\mathrm{mm}^2$

$l$ kaabli pikkus meetrites; antud juhul 100 m.

Vase eritakistus $\rho = 0{,}0172\ \Omega\ \mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$ [32].

Antud juhul on VJK-s kasutusel EATON-i Z-SCH230/25-40 kontaktorid, mille mähise näivvõimsus $S = 14\ VA$ ja võimsustegur $\cos\varphi = 0{,}37$ [33].

Leian mähise tarbitava võimsuse kontaktori käivitamise hetkel valemiga [34].

$$P_{t1} = S \cdot \cos\varphi \quad (6.2)$$

kus, $P_{t1}$ on mähise tarbitav võimsus kontaktori käivitamis hetkel W;

$S$ on mähise näivvõimsus kontaktori käivitamise hetkel VA;

$\cos\varphi$ on võimsustegur antud juhul 0,37;

Leian mähise tarbitava võimsuse kontaktori käivitamise hetkel valemist (6.2)

$P_{t1} = 14 \cdot 0{,}37 = 5{,}18\ W$

Kuna VJK-s on kokku kolm kontaktorit, siis leian kontaktorite mähiste tarbitava võimsuse käivitamise hetkel.

$$P_t = 3 \cdot P_{t1} \tag{6.3}$$

kus, $P_t$ on mähiste tarbitav võimsus kontaktorite käivitamis hetkel.

$P_{t1}$ on mähise tarbitav võimsus kontaktorite käivitamis hetkel.

Leian kontaktorite käivitamise hetkel kontaktorite mähiste tarbitava võimsuse valemist (6.3)

$$P_t = 3 \cdot 5{,}18 = 15{,}54\ W$$

Leian pingekao valemist (6.1)

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot 0{,}0172 \cdot 100}{1{,}5 \cdot 230^2} \cdot 15{,}54 \cdot 100 = 0{,}067\%$$

Tulemuse põhjal saab järeldada, et kontaktorite lülitus leitud pingekao juures toimub probleemideta.

## 6.5. Elektrienergia arvestinäidu edastamine läbi võrgu

Käopesa peremajades on igas peajaotuskeskuses oma elektriarvesti. Tegemist on kolmefaasilise kahe tariifse nelja mooduli suuruse otse arvestiga, otseühendus skeemi korral on arvesti nimivool $I_N$ kuni 80A. Arvestil on impulss väljund. Elektriarvesti täpsus klass on 0,5 ning on seetõttu mõeldud ainult kommertsmõõtmiseks [15].

Tarbitud elektrienergia näitu edastatakse KNX võrku läbi spetsiaalse moodulliidese abil. Moodulliidese vasakul küljel olev infrapuna port loeb arvesti paremal küljel olevalt impulss väljundilt impulsse. Moodulliides on ühendatud KNX võrku, kus ta saab ka tööks vajaliku toite [15]. Moodulliidese abil on võimalik läbi kasutajaliidese jälgida igal ajahetkel voolumõõtja näitu ja elektrienergia hetke tarbimist, samuti edastatakse läbi KNX võrgu iga kuu viimasel päeval elektrienergia näit hoone kasutajale e-mailile. Joonisel 30 on kujutatud elektriarvesti ja moodulliides.

**Joonis 30.** Elektriarvesti ja moodulliides [35]

## 6.6. Vihmaveerenni kütete juhtimine ja ilmajaam

KNX hooneautomaatika saab ühendada ilmajaamaga, mille abil on võimalik juhtida nii vihmavee äravoolurennide kui ka jalgteede kütet vastavalt õhuniisuksele ja sademetele, antud lahenduse korral kütmist ei toimu kui puuduvad sademed ja õhuniiskus jääb lubatud piiridesse kuigi välisõhu temperatuur võib olla miinuskraadides.[21]

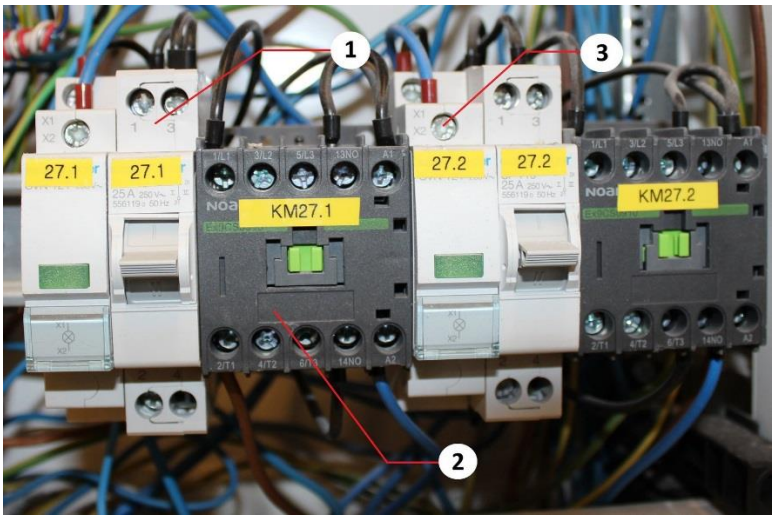
Käopesa peremajades on vihmaveerenni kütete juhtimiseks ettenähtud ilmajaama, mis on paigaldatud B maja ida küljel olevale fassaadile. Antud ilmajaam mõõdab tuule kiirust, sademete hulka, õhutemperatuuri ja valgustustihedust [36]. Ilmajaam on näidatu joonisel 31.

**Joonis 31.** Ilmajaam maja B fassaadil [15]

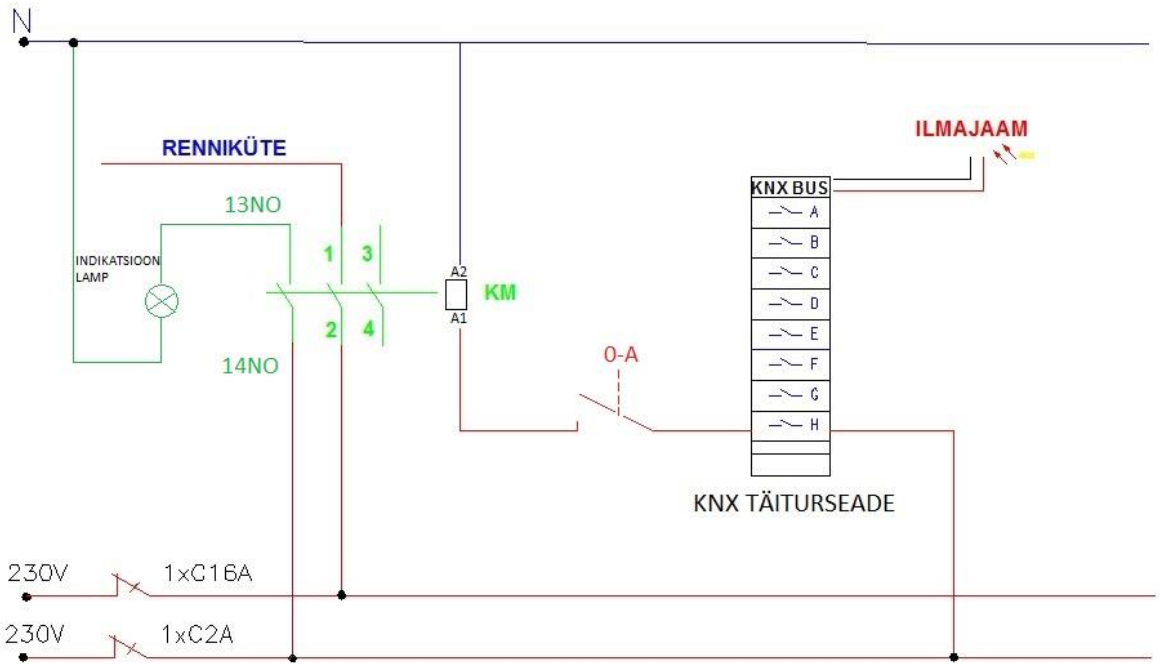
Vihmaveerenni kütete juhtimine toimub järgmiselt, juhitakse vihmaveerennis olevaid küttekaableid. Ilmajaam jaoks on B maja peajaotuskeskusesse paigaldatud pingetrafo, mis varustab ilmajaama vajaliku toitepingega milleks on 24 VAC.

Ilmajaam on ühendatud KNX võrku ning juhib PJK-s oleva KNX täiturseadme kontakti „H“ seda kontakti läbib 230 VAC juhtpinge mille abil juhitakse kilbis olevaid kontaktoreid.

Täiturseadme kontakti „H“ ja kontaktorimähise kontakti A1 vahele on paigaldatud kahe positsiooniline lüliti 0 – A ja indikatsioonlamp mille toide on ühendatud läbi kontaktori normaalselt avatud (NO) abikontakti. Positsiooni lüliti asend „0“ tähendab, et kontakt on avatud ja renniküttеid juhtida ei saa, asend A tähendab automaatrežiimi ehk küttekaableid juhib B hoone fassaadil olev ilmajaam. Kontaktorid, positsioonilülitid ja indikatsioonlambid on näidatud joonisel 32 ja vihmaveerenni kütete põhimõtteline juhtimisskeem on esitatud joonisel 33




**Joonis 32.** 1 – positsioonilüliti 0 – A; 2 – kontaktor; 3 – indikatsioonlamp [15]




**Joonis 33.** Renniküte rakendumise põhimõtteskeem [15]

Töö raames testiti süsteemi, selgus et automaatne juhtimine läbi ilmajaama praegu ei toimi. Vihmaveerenni kütteid on võimalik praegu üksnes ainult sisse ja välja lülitada läbi veebipõhise kasutajaliidese. Ilmselt puudub adresseering ilmajaama ja täiturseadme

kontakti „H“ vahel. Sellises olukorras, kus küttekaableid ei reguleeri andur, antud juhul ilmajaam võib manuaalse lülituse korral ununeda, et vihmaveerennikütted on töös ja automaatika hetkel neid välja ei lülita. Sellisel juhul võib küttekaabel läbi põleda, kuna tegemist ei ole isereguleeruva küttekaabliga. Joonisel 34 on näidatud vihmaveerenni kütete lülitus läbi kasutajaliidese.

**Joonis 34.** Vihmaveerenni kütete lülitus läbi kasutajaliidese

Töö autor toob välja asjaolu, et antud juhul ilmjaama abil juhitav vihmaveerenni kütete süsteem ei ole kuigi töökindel. Kuna hoonete vihmaveerenni kütete juhtimiseks mõeldud ilmajaam on paigaldatud hoone B fassaadile, kus hoone C asub ca. 30 meetri ja hoone A ca. 80 meetri kaugusel B maja fassaadil olevast ilmajaamast. Näiteks teatud ilmastikuoludes, kus päike paistab otse ilmajaamale, sellisel juhul võib ilmajaama temperatuuriandur tuvastada, et temperatuur on piisav ja lülitab rennikütted välja, samaaegselt võib hoone A lääne küljel olevas vihmaveerennis, kuhu otseselt päike ei paista olla vajadus renni kütta, antud näitega tahab autor öelda, et temperatuuri erinevused ilmjaamal ja vihmaveerennis võivad olla kohati teatud hetkedel küllaltki suured.

Autor arvab, et antud vihmaveerennikütete juhtimissüsteem tuleks eraldada KNX süsteemist, sest ilmajaam ei suuda tagada piisavat töökindlust. Parem lahendus Käopesa pereelamute vihmaveerennikütete juhtimiseks oleks kasutada Devireg 316 termostaati. Tegemist on Devireg 316 näol mitmeotstarbelise termostaadiga, mida kasutatakse elektrilistes põrandaküttesüsteemides ja muuhulgas ka vihmaveerenniküttesüsteemides [37]. Sellisel juhul paigaldatakse igale majale väline temperatuuriandur ja hoonete peajaotuskeskustesse termostaadid. Devireg 316 termostaadi diferentsiaal võimaldab kütmist teatud temperatuurivahemikus [37]. Tegemist oleks autonoomse

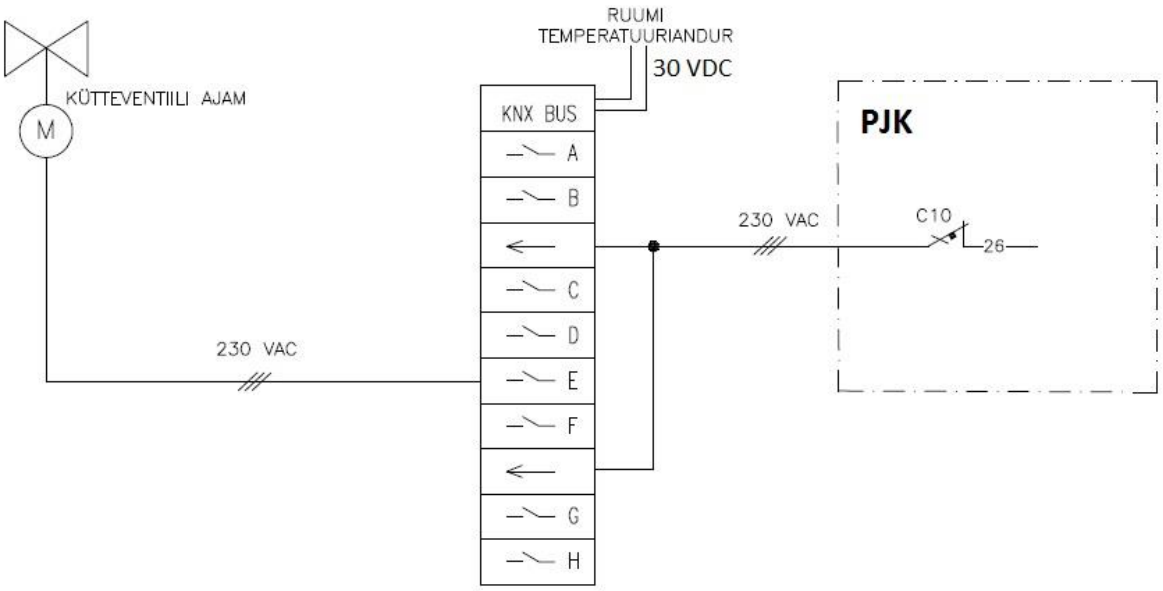
juhtimissüsteemiga, kus igas majas eraldi on termostaat ning väline temperatuuriandur, mis tagab parema töökindluse võrreldes juhtimisega läbi KNX võrgus oleva ilmajaama. Välja pakutud lahenduse puudusena võib ära märkida asjaolu, et sellisel juhul ei ole võimalik läbi veebiserveri näha kas vihmaveerennikütted on sisse lülitatud või mitte.

## 6.7. Hoonete kütte ja ventilatsioonisüsteem

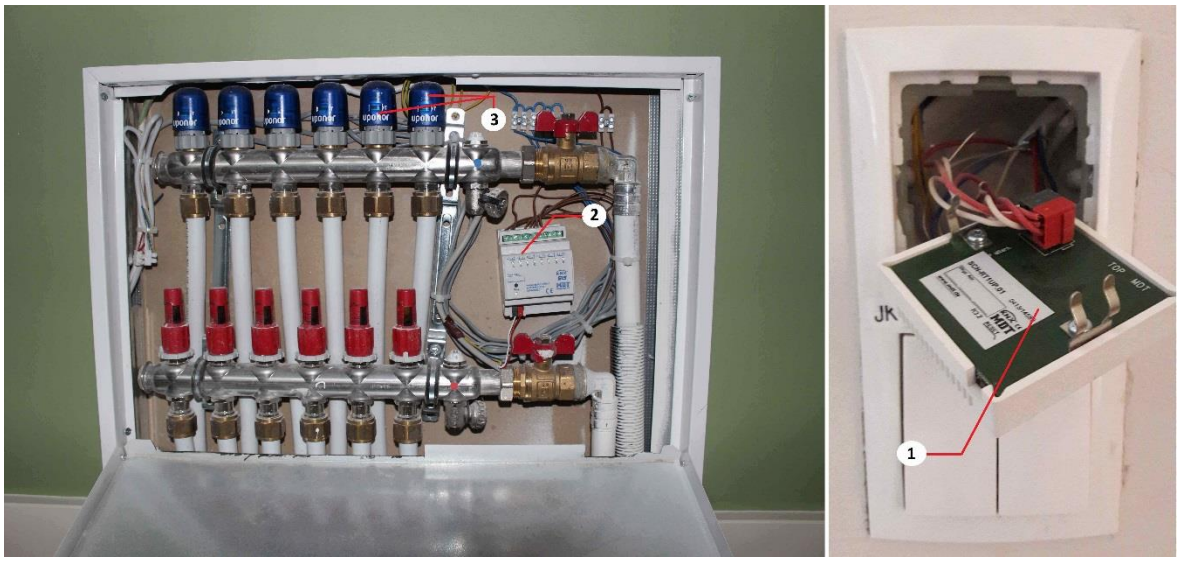
Hoone kütteks kasutatakse õhk-vesi küttesüsteemi. Soojuspump võtab vajaliku soojusenergia välisõhust ning energia suunatakse soojendatud vee näol vesipõrandakütte kollektorisse ja edasi põrandakütte süsteemi [38]. Soojuspumba siseüksuse küttevee boilerist läheb kolm magistraal küttetoru vesipõrandakütte kollektoritesse, igasse kollektorisse üks magistraal küttetoru. Muuhulgas kasutatakse soojuspumpa Käopesa pereelamutes ka tarbevee soojendamiseks.

Lisaks õhk-vesi soojuspumbale on hoones soojustagastusega ventilatsioonisüsteem, millel on järelküttekalorifeer, mis on täiendavalt paigaldatud, et on vajadusel soojendada väljast võetavat õhku.

Ruumide temperatuuri reguleerimine toimub KNX süsteemi abil järgmiselt: Ruumidesse paigaldatud temperatuuriandurid suhtlevad läbi KNX võrgu vesipõrandakütte kollekorikappidesse paigutatud KNX kütte täiturseadmega. Ruumitemperatuuriandur juhib kütte täiturseadme kontakti, mida läbib 230 VAC pinge, mille abil juhitakse omakorda kollektorikappides olevate kütteventiilide ajameid. Kui kütte täiturseadme kontakt on suletud, saadetakse 230 VAC juhtpinge kütteventiili ajamile ning vastava põrandaküttekontuuri ventiil avatakse ja hakatakse vastavat kontuuri kütma. Kütte täiturseadme kontaktid saavad pinge PJK-st grupp 26. Joonisel 35 on näidatud ruumide temperatuuri reguleerimise põhimõtteskeem. Joonisel 36 on näidatud kollektorikapis olevad kütteventiilide ajamid, kütte täiturseade ja ruumi seinal paiknev temperatuuriandur.




**Joonis 35.** Ruumide temperatuuri reguleerimise põhimõtteskeem

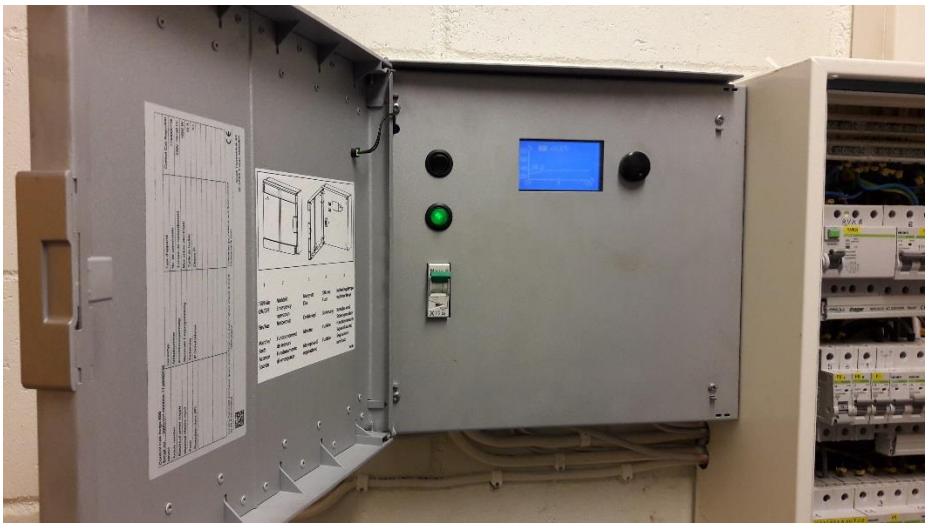



**Joonis 36.** 1 – temperatuuriandur; 2 – kütte täiturseade; 3 – kütteventiilide ajamid

Ruumipõhiselt saab temperatuuri reguleerida ja näha ruumi hetke temperatuuri läbi veebipõhise kasutajaliidese, näidatud joonisel 37.

**Joonis 37.** Ruumide temperatuuride reguleerimine veebipõhise kasutajaliidese abil

Õhk-vesi soojuspumba küttevee pealevoolutemperatuuri juhtimine toimub hoone välisseinal oleva välistemperatuurianduri abil. Küttevee pealevoolutemperatuuri saab seadistada juhtseadmest küttekarakteristiku seadistuse muutmise teel, kus küttekarakteristik iseloomustab pealevoolutemperatuuri ja välistemperatuuri suhet. Näiteks valides madalama küttekarakteristiku on küttevee pealevoolutemperatuur madalam ja seega suurem energiasääst [38]. Õhk-vesi soojuspumba juhtseade asub hoone tehnilises ruumis ja on näidatud joonisel 38.



**Joonis 38.** Õhk-vesi soojuspumba juhtseade

Ventilatsiooni juhtimine toimub CO2 – ja niiskusanduritega, mille abil reguleeritakse ventilatsiooni võimsust. Kokku on hoones viis CO2-andurit ja 2 niiskusandurit, mis asuvad hoone niisketes ruumides. Andurite asukohad on näidatud põhikorruse jõuseadmete plaanile lisas E.

Ventilatsiooniagregaati on paigaldatud järelkütte veekalorifeer, mida soojendatakse soojuspumba siseüksuse küttevee boilerist. Sissepuhkeõhu temperatuuri saab reguleerida tehnilise ruumi seinal olevast juhtpuldist.

Vastavalt hoone KNX seadmete struktuurskeemile, mis on esitatud käesoleva töö lisas D, on näidatud, et ka ventilatsioonisüsteemi juhtimine ja õhk-vesi soojuspumba juhtseade on ühendatud KNX võrguga. Töökäigus aga selgus, et KNX võrku ei ole ühendatud ventilatsioonisüsteem juhtimine ega ka õhk-vesi soojuspumba juhtimine.

Nagu eelpool kirjeldatud juhib soojuspumba küttevee pealevoolutemperatuur välistemperatuuriandur. Autori arvates on peremajade küttejuhtimis süsteemi puuduseks asjaolu, et praeguse lahenduse korral, küttevee pealevoolutemperatuuri reguleerimisel ei arvestata ruumi temperatuuriga. Näiteks olukorras kus ruumide temperatuur on seadistatud temperatuurist kõrgem  peaks küttevee pealevoolutemperatuur ka vastavalt langema.

Ära märkimist vajab ka asjaolu, nagu eelpool kirjeldatud, saab ruumide temperatuuri reguleerida kaugjuhtimise teel läbi interneti, juhtides kollektorikappides olevaid kütteventiili ajameid, siis ventilatsiooni sissepuhkeõhu temperatuuri saab muuta üksnes ainult hoone

tehnilises ruumis olevast ventilatsiooni juhtpuldist, kui saaks ka ventilatsiooni sissepuhkeõhu temperatuuri reguleerida kaugjuhtimise teel lisaks see oluliselt tehnilist kasutaja mugavust.

Autor leiab, et oluliselt tehnilist kasutaja mugavust ja suuremat energiasäästu võimaldaks lahendus kus ka ventilatsioonisüsteem juhtimine ja küttevee pealevoolutemperatuuri reguleerimine oleks teostatav läbi KNX võrgu.

# KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida Käopesa pereelamute tarkmaja lahendust ja elektrisüsteemi. Selle tarbeks tutvus töö autor põhjalikult erialase kirjandusega, teostas vajalikud mõõdistused, tutvus olemasolevate teostusjooniste ja projektiga. Püstitatud oli neli ülesannet.

**Esimene ülesandeks** oli välja selgitada hoonete elektrivarustuse lahendus ning teha kindlaks hoonete reaalne toitekaablite magistraalvõrk. Hoonete elektrivarustus on lahendatud – antud kinnistul on kaks liitumispunkti, mida toidetakse erinevatest alajaamadest. Liitumiskilpide vahelisest jaotuskilbist on võimalik teostada ümberlülitus ühe alajaama toitelt teise alajaama toitele, näiteks rikke korral. Liitumiskilpidest saavad toite tarbejaotus keskuse sektsioonid. Tarbejaotuskeskuse teisest sektsioonist saavad toite käesolevas töös käsitletud peremajad, mis on omavahel ringtoites. Sellega on ümber lükatud töö autori poolt püstitatud **teine hüpotees**, milles eeldati, et peremajade elektrivarustus saab toite olemasolevast Jaama 72 maja peajaotuskeskusest.

**Teiseks ülesandeks** oli teostada hoonete maanduri maandustakistuse mõõdistused ning võrrelda saadud tulemusi AS Pristise poolt 2013 a. teostatud mõõtmise tulemustega. Töö autori maanduri maandustakistuse mõõdistused erinesid AS Pristise poolt esitatud mõõtmis protokolli tulemustest. Ülesande teine pool oli teostada toitekaablite rikkesilmuse näivtakistuse mõõdistused ning arvutada lühisvoolud ning leida kaitserakendus. Arvutuste tulemusena saadi teada, et toitekaabli liine kaitsvad sulavkaitsmed rakenduvad lühisvoolu korral.

**Kolmandaks ülesandeks** oli leida lahendus kuidas liita olemasolev välisvalgustus hoone automaatikavõrku. Välisvalgustuse kilbi ja hoone A peajaotuskeskuse vahele tuleb paigaldada uus kaabel, kasutades selleks olemasoleva toitekaabli kaablikaitsetoru. Uue paigaldatava kaabliga saadakse hoone A peajaotuskeskuse KNX täiturseadmest juhtpinge, mis saadetakse välisvalgustuse kilpi ja mille abil juhitakse seal olevaid kontaktoreid.

**Neljandaks ülesandeks** oli kirjeldada ja hinnata Käopesa peremajade hooneautomaatika süsteemi. Hoonete sisese valgustuse juhtimise poole pealt puudujääke ei esine. Puudujäägid esinesid vihmavee renniküte juhtimise osas, kuna hetkel vihmaveerenni kütete automaatjuhtimine ei toimi. Praegune lahendus ei ole kuigi töökindel. Vihmaveerenni kütteid juhib hoone B fassaadile paigaldatud ilmajaam ei ole kuigi töökindel, kuna vihmaveerennide ja ilmajaama vahel võivad tekkida teatud juhtudel suured temperatuuri erinevused. Autor pakub välja, et renniküte juhtimine võiks olla lahendatud järgmiselt: iga maja peajaotuskeskuses peaks olema termostaat ja igal majal ka oma temperatuuriandur.

Vastavalt projektile, peaks olema ventilatsiooni süsteemi juhtimine ja õhk-vesisoojuspumba juhtseade liidetud KNX võrguga, töö käigus selgus, et reaalselt ei ole süsteemid KNX võrguga ühendatud. See lükkab ümber töö alguses püstitatud **esimese hüpoteesi**. Autori arvates on eelpool nimetatud asjaolu praeguse kütte- ja ventilatsiooni süsteemi oluliseks puuduseks. Tehnilist kasutaja mugavust ja suuremat energiasäästu võimaldaks lahendus kus ka ventilatsioonisüsteem juhtimine ja küttevee pealevoolu temperatuuri reguleerimine oleks teostatav läbi KNX võrgu.

Töö autor peab valitud metoodikat õigustatuks, kuna reaalsed mõõdistused ja projekti teostusega tutvumine andsid võimaluse küsida lisaküsimusi asjaosalistelt ning tuua välja lahendused, mis oleksid kõige sobivamad Käopesa pereelamutele. Samuti andis see rohkem informatsiooni, mida töös kajastada.

Erialase kirjandusega tutvumine lõi töö autorile selgema pildi hetkeolukorrast ja uutest arengusuundadest hooneautomaatika valdkonnas.

Töö tulemustest johtuvalt on autor seisukohal, et Käopesa pereelamute süsteeme saaks muuta kasutajate jaoks mugavamaks ning energiasäästlikumaks.

# KASUTATUD KIRJANDUS


1. Maa-ameti kaardiserver. (2006). [*on-line*] http://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html (25.05.2016).
2. Ehitusregister. [*on-line*] www.ehr.ee/ (24.05.2016).
3. Riigi ilmateenistus. [*on-line*] http://www.ilmateenistus.ee/ (24.05.2016).
4. KYORITSU. (2004). Multi Functional Tester. [*on-line*] http://www.kew-ltd.co.jp/en/products/multifunction/6016.html (21.05.2016).
5. Technical characteristics. Standards: Fuse-links. Schneider. http://www2.schneider-electric.com/documents/electrical-distribution/en/shared/interactive-catalogue/abted206168en/abted206168en/pdfs/page_153.pdf (22.05.2016).
6. V360 Rikkesilmuse näivtakistuse mõõtmise protokolli vorm. (2014). [*on-line*] https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/f25904f74a5d7be4c2257b210031a19e?OpenDocument (22.05.2016).
7. Hager Electro. (2014). Magnetplaner 2010 programmi tarkvara. [*on-line*] http://www.hager.at/downloads-software/produkt-planungssoftware/planungssoftware-fuer-niederspannungsanlagen/magnetplaner/90646.htm (29.04.2016).
8. Hager Electro. Hageri kilbikest PJK. [*on-line*] http://www.hager.at/e-katalog-neuheiten/niederspannungssysteme/verteilerschraenke-bis-400a/wandschraenke-ip44-sk-i/fp83tn2/118223.htm (30.04.2016).
9. Meldorf, M., Kilter, J. (2008). Madalpingevõrgud. Tallinn: Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituut. [*on-line*] http://petz.planet.ee/elekter/3_Madalpingevorgud.pdf (25.05.2016).
10. Hager Electro. Hager FWB41 kilbikest. [*on-line*] http://www.hager.de/verteilersysteme/feldverteiler/univers-ap-feldverteiler-mit-pe-n-klemmen-ip44/fwb41s/26653.htm?Suchbegriffe=FWB41 (30.04.2016).
11. OBO kataloog. (2010). Transientliigpinge- ja piksekaitsesüsteemid. [*on-line*] http://catalog.obo-bettermann.com/cps/rde/xbcr/SID-1AE9BED3-2B9D7CE7/obo-bettermann/download/et-et/tbs_schutz_trennfunken_et.pdf (21.05.2016).
12. Boitsov, J. (2013). Liigpingekaitse. [*on-line*] http://pauhh.planet.ee/manualid/4_Liigpingekaitse.pdf (25.05.2016).
13. Liigpingepiirikud. (Õppematerjalid). (2010). Koost. R. Teemets. Tallinn. Tehnikaülikooli elektriajamine ja jõuelektroonika instituut. [*on-line*]

http://www.ene.ttu.ee/elektriajamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/4_7_Liigpingepiirikud.pdf (25.04.2016).

14. ABB Eesti. (2015). Tehniline kataloog: OVR seeria liigpingepiirikud. [*on-line*] https://library.e.abb.com/public/ca4747afa0ae8e87c12575d0002c8e6b/OVR%20tehniline%20kat.08%20est.pdf (24.05.2016).
15. Ränk, J. (2015). Käopesa targa maja lahendus. (Kursusetöö). Eesti Maaülikooli tehnikainstituut. Tartu.
16. ABB Eesti. (2015). ABB tootejuhis: KNX hooneautomaatika ehk „arukas hoone“. [*on-line*] http://www.abb.ee/product/ee/9AAC111724.aspx (24.05.2016).
17. Cavalieri, S., Cutuli, G. (2008). Proposal and Evaluation of Deterministic Access in KNX Standard. Italy: University of Catania-Faculty of Engineering Department of Computer Science and Telecommunications.
18. Cerny, M., Koziorek, J., Vanus, J. (2015). The Proposal of the Smart Home Care Solution with KNX Components. Czech Republic.
19. KNX süsteemi ühendusmeediad (2014). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Automaatikainstituut. [*on-line*] http://www.dcc.ttu.ee/las/ISS0090/Arukad_hooned_11_13.pdf (24.05.2016).
20. Hooneautomaatikasüsteemid (2014). [*on-line*] http://opiobjektid.tptlive.ee/Automaatjuhtimine/hooneautomaatika_ssteemid.html (24.05.2016).
21. Sahku, R. (2013). Tarkmaja energiavarustus. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli tehnikainstituut. Tartu.
22. KNX bus communications. (2013). Siemens building technologies. [*on-line*] https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/relatedcontentblock/Documents/KNX_CE1P3127_en.pdf (25.05.2016).
23. Hunt, J. 2010. Building automation migrates towards Ethernet and wireless. [*on-line*] http://www.iebmedia.com/index.php?id=8593&parentid=38&themeid=255&hft=69&showdetail=true&bb=1 (25.05.2016).
24. The KNX standards - the basic. (2014). [*on-line*] http://www.knx.org/media/docs/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf (25.05.2016).
25. Di Giorgio, A., Liberati, F., Marrocco, R. (2015). KNX protocol compliant load shifting and storage control in residential buildings. Department of Computer, Control, and Management Engineering University of Rome. Italy.

26. LON ja KNX platvormide võrdlus. Taverne, Šveits: Omnibus Engineering S.A. [*on-line*] http://www.oeomnibus.ch/documenti/marketing/OmniBAS_Comparison_LON-KNX_R.1.2.pdf (18.05.2016).
27. KNX Assosiation. (2012). KNX Basic standards. [*on-line*] http://www.knx.org/media/docs/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf (18.05.2016).
28. Bab technology visualiseerimis tarkvara. (2015). [*on-line*] http://www.babtec.de/index.php/control_l_en.html (24.05.2016).
29. Valgustehnika täiendkoolitus. (Loengumaterjalid). (2006). Koost. T. Tamm. Tallinna Tehnikaülikooli elektriajamine ja jõuelektroonika instituut. [*on-line*] http://www.ene.ttu.ee/elektriajamid/oppeinfo/materjal/IN660/Valgustustehnika%20taiend6pe%20EL.pdf (24.05.2016).
30. Huadong, L., Mingguang, W., Yufang, Z. (2008). Development and Research of Lightning System Based on DALI. Zhejiang University. China.
31. Seiemens. (2008). Technical product information. KNX/DALI Gateway. [*on-line*] http://www.buildingcentre.co.uk/download/brochure/3881 (18.05.2016).
32. Lahtmets, R. (2001). Elektrotehnika alused: alalisvool. [*on-line*] http://www.ene.ttu.ee/leonardo/elektro_alused/1Alalisvool.pdf (24.05.2016).
33. Eaton Corporation. (2013). X-Pole DIN Rail Mounted Accessories. EATON Z-SCH kontaktorid.
34. Lahtmets, R. (2001). Elektrotehnika alused: vahelduvvool. [*on-line*] http://www.ene.ttu.ee/leonardo/elektro_alused/6Vahelduvvool.pdf (24.05.2016).
35. Elektrienergia arvesti (2013). Janitza Ltd. [*on-line*] http://www.westek.com.au/wpcontent/uploads/2012/08/ECS-Series-Energy-Meters.pdf (29.11.2015).
36. Gira. (2013). Products for the KNX system: KNX weather station standard. [*on-line*] http://www.gira.com/en_ZA/gebaeudetechnik/systeme/knx-eib_system/knx-produkte.html?t_id=4 (25.05.2016).
37. Devireg 316. Termostaat. [*on-line*] http://devi.danfoss.com/Estonia/Professional/Products/Collection+Floor+Heating+Thermostats/iframe_Devireg_316.htm (21.05.2016).
38. Buderus. (2010). Paigaldusjuhend: Logatherm WPL-2 6-15. [*on-line*] http://www.maakyte.ee/wp-content/uploads/2011/03/Buderus-WPL-2-paigaldusjuhend.pdf (20.05.2016).

# SMART HOUSE SOLUTIONS AND ELECTRICAL SYSTEM OF KÄOPESA FAMILY HOUSES

## Summary

Aim of this thesis was to do a research of Käopesa family residential smart house solution and the electrical system. The author of the work learned a lot by searching the literature, carried out the necessary measurements, as-built drawings and studied existing project. Four tasks was put up writing the thesis.

The **first task** was to identify electricity solutions of the buildings and to find a solution of power cables in the backbone. Electrification of buildings solved - this plot has two connection points, which are fed from different substations. Distribution cabinet between the metering enclosures can perform switching one substation to another substation for power supply to power supply, for example, in case of failure. Metering enclosures can power the sections of customer distribution center. Customer distribution center's second section will power the family houses, which are circlewise. With this the author's second hypothesis set for the work is false, it assumed that the family houses power supply can be powered from the existing Jaama 72 main distribution cabinet.

The **second task** was to carry out resistance measurements and compare the results obtained by the AS Pristis, 2013. Authors measurements differed by the AS Pristis measurement results of the protocol. The second half of the task was to carry out the power cables fault impedance measurements and calculate the short circuit currents and to find protection application. Calculations yielding to know that the power cable lines protective fuses apply to short-circuit

at once.

**Third task** was to find a solution on how to merge the existing exterior of the building automation network. Between the outdoor lighting shell and building A main distribution center must be installed new cable by using existing power cable, cable protection tube. With new cable to be installed for the buildings A main distribution center KNX actuator to the control voltage, is sent to the external light shield, and which drives the contactors there. The fourth task was to describe and evaluate the Käopesa family houses, building automation

system. Building internal lighting management side, there are no gaps. Shortcomings were on gutters rainwater management, because at the gutter heat automatic control does not work. The present solution is not very reliable. Gutters heaters are drawn on the facade of the building B, although weather station might not be dependable, because the gutters and the weather station can sometimes occur in some cases, large temperature differences. The author suggests that gutter heating management could be resolved as follows: every house should have a thermostat and each house has its own temperature sensor.

According to the project, should be in control of the ventilation system and air-water heat pump control unit joined the KNX network, the work showed that the systems are not connected to the KNX network. This refutes the **first hypothesis,** which was set at the beginning of the work. The above-mentioned fact is significant drawback to the the current heating and ventilation system. Technical user comfort and greater energy savings a solution which would allow the ventilation system of management, and the desired flow temperature to be regulated through the KNX network.

The chosen methodology was justified, because the real surveying and project dating gave the parties concerned the opportunity to ask any questions and point out solutions, which would be most suitable for Käopesa family houses. It also gave more information to be reflected in the work.

Professional literature created a clearer picture of the current situation and new developments in the energy field for the author.

Accordingly, the results of the work show that the Käopesa family residential systems can be changed more comfortable and more energy efficient for users.

**LISAD**

## Lisa A. Papli alajaama trafo

## Lisa B. Maanduri maandustakistuse mõõtmise protokoll



**AS Pristis**

A.H.Tammsaare tee 47, Tallinn
Reg nr 10004826
MKM määrus nr 85 ja EVS-EN ISO/IEC 17025:2006
Erialaselt pädev mõõtja E226/TML000044

Tellija: Bauschmidt OÜ
Elektripaigaldis: Jaama tee 72-1/2/3, Tartu
Elektripaigaldise omanik: EV Sotsiaalministeerium

**MAANDURI MAANDUSTAKISTUSE MÕÕTMISE PROTOKOLL (LIHTSUSTATUD MEETOD) NR P064-7**

Mõõtmised teostati03.07.2013.a. mõõteriistaga Kyoritsu 6016 nr 8123034, kalibreeritud 23.11.2012 AS Metrosert poolt, tunnistus nr ATLE-12/0797, pingega 500V, õhutemperatuur +18 C, õhuniiskus 85%, vastavalt AS Pristis mõõtemetoodikale, ja standardile EVS-HD 60364:2007 mõõtemääramatusega 20%

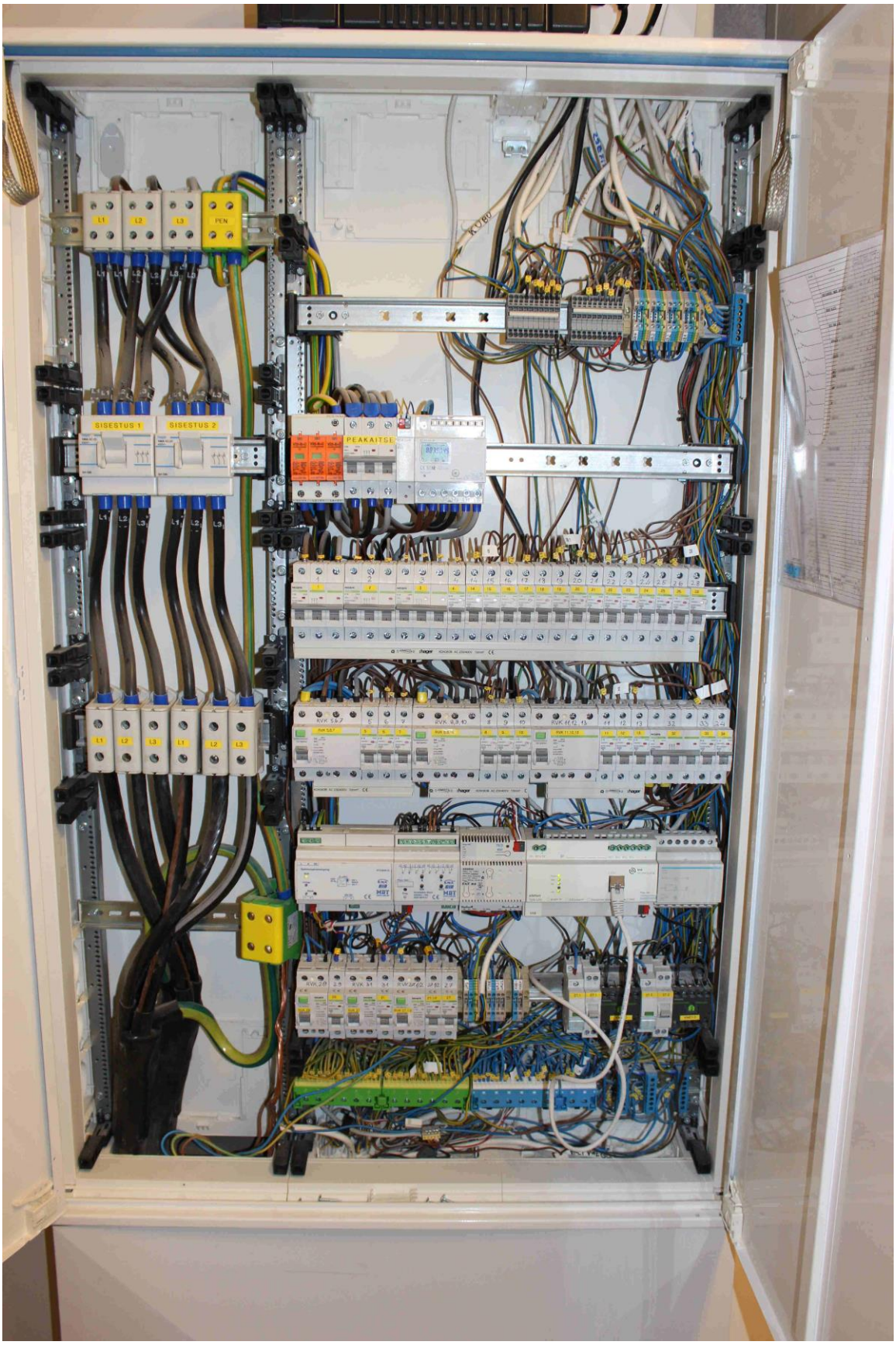
Mõõteobjud Pinnas: külmunud/märg/niiske/vähese niiskusesisaldusega.
Vahetult mõõtmisele eelnenud või mõõtmise ajal esinenud sademed: olulised/vähesed/puudusid. Oludele vastavad alla kriipsutada.

| Mõõtepunkt maanduril | Mõõdetud takistus Ω | | | Parandustegur (id) | | | | Arvutuslik takistus, Ω | Pinnase eritakistus, mΩ | Märkused |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1P | 3P | 3P/4P | Ks | K1 | K2 | K3 | Ks*K1,2,3 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Ringaandus maja Jaama 72/1 | 2,15 | | | | | | 1,2 | | 2,58 | | |
| Ringaandus maja Jaama 72/2 | 2,33 | | | | | | 1,2 | | 2,80 | | |
| Ringaandus maja Jaama 72/3 | 1,90 | | | | | | 1,2 | | 2,28 | | |

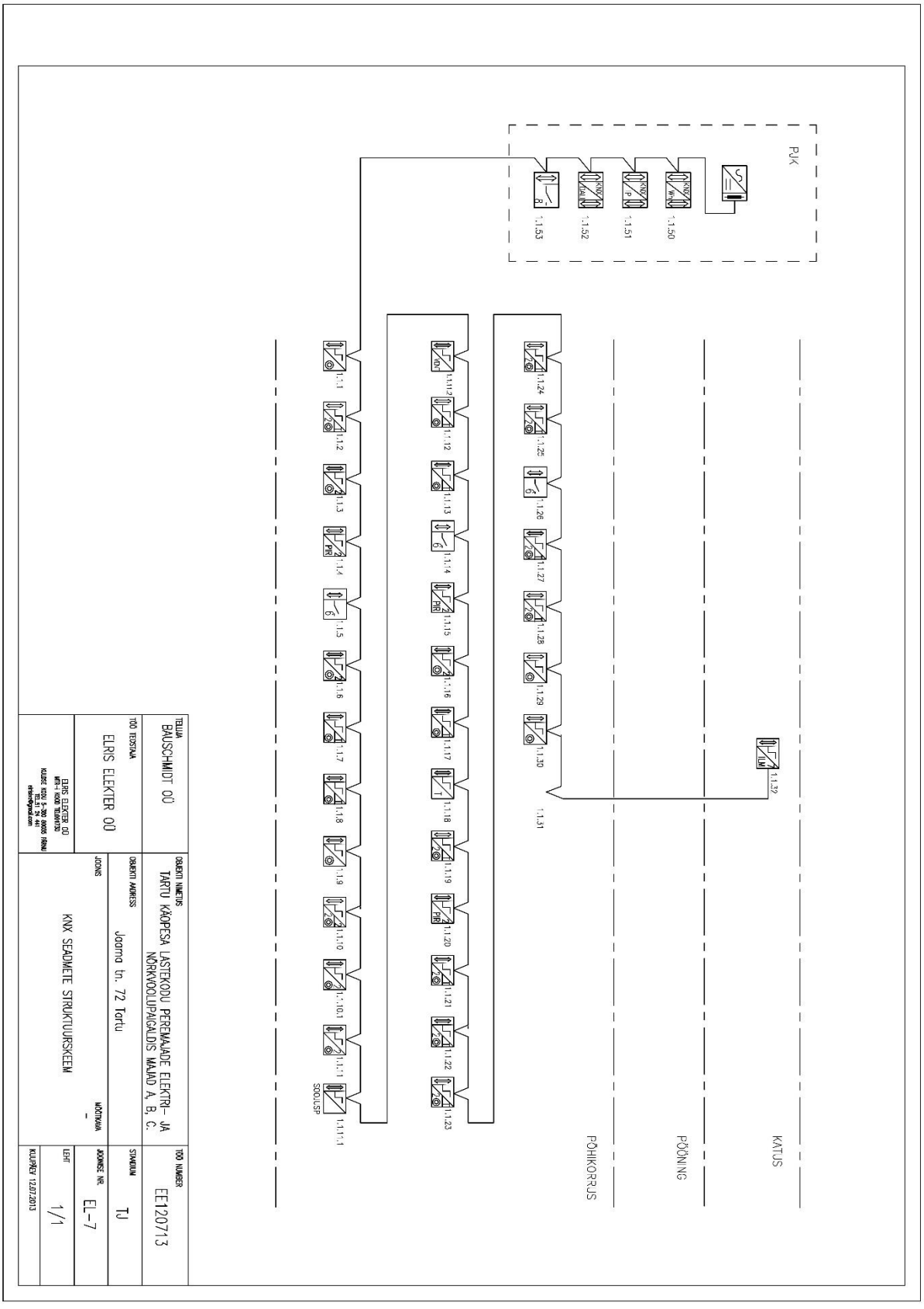
Mõõtmised kinnitas: Ivar Kihulane
Pädevustunnistus A nr EI-562-10

Mõõtmised teostas: Andrei Molodtsov

## Lisa C. Peajaotuskeskuse joonis



# Lisa D. KNX seadmete struktuurskeem



# LIHTLITSENTS

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Jürgo Ränk
(sünnipäev 02/10/87 38710020014)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö KÄOPESA PEREELAMUTE TARKMAJA LAHENDUS JA ELEKTRISÜSTEEM,

mille juhendaja on: professor, Andres Annuk.

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

allkiri

Tartu, 25.05.2016

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

_____ _____

(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)