



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

KORTERELAMU ELEKTRIVÕRGU PROJEKTEERIMINE

ELECTRICAL NETWORK DESIGN OF AN APARTEMENT BUILDING

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Gerd Herman Veeber

Üliõpilaskood: AAVM 153213

Juhendaja: Prof Juhan Valtin

Tallinn, 2017.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

“.....” 2017.

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 2017.

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”2017 .

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Gerd Herman Veeber	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Kortere lamu elektrivõrgu projekteerimine	
<i>Kuupäev:</i> 25.05.2017	80 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> professor Juhan Valtin	
<i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Lõputöö eesmärk on konkreetse hoone näitel uurida ja kirjeldada kortermaja elektrivõrgu projekteerimisprotsessi ja -metoodikat. Antud lõputöö raames on projekteeritud elektrivõrk 8-korruselisele korterelamule Paepargi tn 43, Tallinn. Koostatava töö võib võtta tulevikus aluseks sarnase kasutusviisiga hoonete projekteerimisele ning see hõlbustab projekteerimise ja selle oluliste aspektide mõistmist alustavatel elektriprojekterijatel. Antud lõputöö kujutab endast korterelamu projekteerimise juhendit, milles selgitatakse oluliste parameetrite määramise ja seadmete valiku meetoodikat. Analoogseid hooneid ehitatakse palju nii praegu kui ka tulevikus. Seetõttu on oluline, et projekteerimine toimuks süstematiseeritult ja mõtestatult ning arvestataks kehtivaid norme, seadusi ja standardeid. Lisaks on valdkonnas toimumas ka uuendusi nagu näiteks mudelprojekteerimise levik ning liginullenergiatõhususe nõude kehtima hakkamine. Seetõttu on oluline, et projekterijad nende uuendustega kaasas käiksid.</p> <p>Eesmärkide saavutamiseks on kasutatud erinevaid elektriseadmeid, elektripaigaldisi, juhistikke ja kaitseseadmeid puudutavaid õpikuid, teavikuid ja juhendmaterjale. Lisaks on otsitud informatsiooni antud valdkonda puudutavatest standarditest, eeskirjadest ja seadustest. Võimalusel on kasutatud ära varasemast töökogemusest saadud teadmisi.</p> <p>Käesoleva lõputöö läbitöötamisel saab ettekujutuse korterelamu projekteerimisest üldiselt ning kõikidest elektriosa puudutavatest aspektidest täpsemalt.</p>	
<i>Märksõnad:</i> elektripaigaldis, korterelamu, projekteerimine, elektriprojekt.	

Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Gerd Herman Veeber	<i>Kind of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Electrical network design of an apartment building	
<i>Date:</i> 25.05.2017	80 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>Faculty:</i> Faculty of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> professor Juhan Valtin	
<i>Abstract:</i> <p>The thesis aims to present description of methodology and process of designing electrical supply of an apartment type building. By compiling this thesis, electrical network of an 8-storey apartment building Paepargi tn 43, Tallinn has been designed. This thesis may be used as guideline when designing electrical networks of similar buildings. It makes understanding the essential aspects of electrical design easier. This thesis constitutes a guide for the design of an electrical network of an apartment building, explaining the methodology of determining essential parameters and selection of equipment. Many similar buildings are built now and in the future. Therefore, it is important that the design would be systematic and officiated in a meaningful way by taking into account norms, laws and standards. In addition, the field is undergoing some innovations in the design such as using 3D model and the on the requirement of energy performance of buildings coming into force. Therefore, it is important that designers are informed and take these aspects into account.</p> <p>To achieve these objectives a variety of textbooks and instructional materials regarding electrical equipment, electrical installation, and protective devices are used. In addition, information is retrieved in this particular field of standards, regulations and laws. Whenever possible, knowledge gained from past work experience is used.</p> <p>This thesis can be used to get an idea of apartment building design in general, and all electrical aspects in detail.</p>	
<i>Key words:</i> electrical installation, apartment building, building design, electrical design	

Sisukord

Lõputöö ülesanne.....	6
Teema põhjendus:	6
Töö eesmärk:.....	6
Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....	6
Lähteandmed:.....	7
Eessõna	8
Sissejuhatus.....	9
1. Projekteerimisprotsess	11
1.1. Projekteerimisetapid ja tulemus	11
1.2. Lähtematerjalid	13
1.3. Projekteerimistöö organiseerimine	15
1.4. Projekteerimistöö maksumus	17
1.5. Liginullenergiahooned	18
2. Elektrivõrguga liitumine.....	22
2.1. Hoone peakaitsme määramine	22
2.2. Liitumisprotsess	25
2.3. Korterite peakaitsme määramine	26
3. Välisvõrgu projekteerimine.....	29
3.1. Liitumiskaabli valik	31
3.2. Juhistiküsteemi valik	33
3.3. Välisvalgustuse projekteerimine	36
4. Tugevoolupaigaldise projekteerimine	40
4.2. Juhtide ristlõigete määramine	44
4.3. Puutekaitse	45
4.4. Liigvoolukaitse	47
4.5. Rikkevoolukaitse.....	51
4.6. Liigpingekaitse.....	53
4.7. Sisevalgustuse projekteerimine.....	54
4.8. Turvalisuse valgustuse projekteerimine	57
4.9. Elektriseadmete kaitseastme valik	58
4.10. Piksekaitse.....	63
4.11. Maandus	69
4.12. Potentsiaaliühtlustus	73
4.13. Tuleohutuspaigaldis	75
Kokkuvõte	77

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	Korterelamu elektrivõrgu projekteerimine
Üliõpilane:	Gerd Herman Veeber, 153213
Eriala:	Elektroenergeetika
Lõputöö liik:	Magistritöö
Lõputöö juhendaja:	Juhan Valtin
Lõputöö esitamise tähtaeg:	25.05.2017

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Instituudi direktor (allkiri)

Teema põhjendus:

Käesoleva teema valisin oma lõputööks kuna oma igapäevatoos puutun kokku hoonete elektrivõrkude projekteerimisega. Teema süvitsi uurimine lõputöö raames aitab mul projekteerimist paremini mõista ja tööülesandeid tulevikus efektiivsemalt täita. Koostatava töö võib tulevikus aluseks võtta sarnase kasutusviisiga hoonete projekteerimisele ning see hõlbustab projekteerimise ja selle oluliste aspektide mõistmist alustavatel elektriprojekterijatel. Antud töö raames on projekteeritud elektrivõrk 8-korruselisele korterelamule. Analoogeteid hooneid ehitatakse palju nii praegu kui ka tulevikus. Seetõttu on oluline, et projekteerimine toimuks süstematiseeritult ja mõtestatult.

Töö eesmärk:

Lõputöö eesmärk on konkreetse 8-korruselise korterelamu näitel uurida ja kirjeldada kortermaja elektrivõrgu projekteerimisprotsessi. Töö eesmärk on koostada korterelamu projekteerimise juhend, milles selgitatakse oluliste parameetrite määramise ja seadmete valiku meetodikat.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- Korterelamu koormuse hindamine ja peakaitsme valik
- Elektrijuhtide ja kaitsmete valik vastavalt koormusele ning lühisvooludele ja pingekaole
- Maanduse, piksekaitse ja potentsiaaliühtlustuse projekteerimise probleemid ja põhimõtted
- Toite hoonevälise osa ning väisvalgustuse projekteerimise probleemid ja põhimõtted

Lähteandmed:

Eesmärkide saavutamiseks plaanin kasutada erinevaid elektriseadmeid, elektripaigaldisi, juhistikke ja kaitseseadmeid puudutavaid õpikuid, teavikuid ja juhendmaterjale. Lisaks otsin informatsiooni antud valdkonda puudutavatest standarditest, eeskirjadest ja seadustest. Võimalusel kasutan ära varasemast töökogemusest saadud teadmisi.

Eessõna

Lõputöö teema anti välja lõpetaja ehk minu enda, Gerd Herman Veeberi initsiatiivil. Töö algandmete kogumine ja koostamine toimus ettevõttes Novarc Group AS. Selle juures olid mulle abiks osakonnajuhataja Martin Mäsak ja projekterija Indrek Jõe. Siinkohal soovin neid selle panuse eest tänada. Samuti soovin tänada oma lõputöö juhendajat professor Juhan Valtinit.

Lõpetaja: Gerd Herman Veeber

Elukoht: Sõpruse puistee 213-51, Tallinn

Praegune töökoht: Novarc Group AS

Sissejuhatus

Töö eesmärk on antud konkreetse hoone näitel uurida ja kirjeldada kortermaja elektrivõrgu projekteerimisprotsessi ja -metoodikat. Antud lõputöö raames on projekteeritud elektrivõrk 8-korruselisele korterelamule Paepargi tn 43, Tallinn. Koostatava töö võib võtta tulevikus aluseks sarnase kasutusviisiga hoonete projekteerimisele ning see hõlbustab projekteerimise ja selle oluliste aspektide mõistmist alustavatel elektriprojekterijatel. Antud lõputöö kujutab endast korterelamu projekteerimise juhendit, milles selgitatakse oluliste parameetrite määramise ja seadmete valiku metoodikat. Analoogseid hooneid ehitatakse palju nii praegu kui ka tulevikus. Seetõttu on oluline, et projekteerimine toimuks süstematiseeritult ja mõtestatult ning arvestataks kehtivaid norme, seadusi ja standardeid. Lisaks on valdkonnas toimumas ka uuendusi nagu näiteks mudelprojekteerimise levik ning liginullenergiatõhususe nõude kehtima hakkamine. Seetõttu on oluline, et projekterijad uuendustega kaasas käiksid.

Töö 1. peatükis kirjeldatakse efektiivset projekteerimisprotsessi ja selle etappe ning selgitatakse projekteerimise uusi suundasid nagu ehitise ja tema tehnosüsteemide mudeli koostamine. Lisaks uuritakse, millest üldse hoone elektriprojekt koosneb ning käsitletakse hoone projekteerimise ja ehitamise maksumust Novarc Group AS kogemuse baasil. Samuti kirjeldatakse lähteandmete hankimist ning standardeid ja norme, mida tuleb projekteerimisel järgida. Ühtlasi selgitatakse ka peagi kehtima hakkava Euroopa Liidu hoonete energiatõhususe direktiivi ehk liginullenergiahoonete nõude mõju projekteerimisele. Üks olulisemaid probleeme elektriprojekterimise juures on seotud peakaitse valikuga vastavalt tarbimiskoormusele ja üheaegsustegurile. Lisaks hoone peakaitse valikule tuleb sarnaste põhimõtete järgi valida ka korteri ning vajadusel ka korruse peakaitse. Tihti peale tehakse seda projekteerimisfirmades kogemuslikult. Käesoleva töö 2. peatükis uuritakse seda probleemi teoreetiliselt ning selgitatakse valikupõhimõtteid kui pole seljataga aastatepikkust kogemust. Samuti käsitletakse selles peatükis muid elektrivõrguga liitumisega seonduvaid küsimusi.

3. peatüki käsitletakse hoonevälise elektrivõrgu projekteerimist, kuna sageli projekterib hoone elektrivõrgu projekterija ka toite alajaamast või vähemasti liitumiskilbist hoone peajaotuskilbini. Samuti on korterelamutega koos tarvis projekteerida tihti ka näiteks parkla valgustus. Antud peatükis kirjeldataksegi välisvõrgu projekteerimisega seonduvaid olulisi aspekte.

Töö 4. peatükis uuritakse kortermaja tugevvoolupaigaldise projekteerimist ning projekteerimise tehnilist külge. Seejuures kirjeldatakse erinevaid juhistikusteeme, nende eeliseid ja puuduseid

ning kasutatavust uusehitiste projekteerimisel. Seejärel kirjeldatakse elektri-aotussüsteemi koostamist. Edasi selgitatakse kasutatavate kaablite ja kaitseseadmete valikut ning nende tööpõhimõtteid ja olulisust. Samuti käsitletakse maanduse, piksekaitsse ja potentsiaaliühtlustuse põhimõtteid ja printsiipe. Selgitatakse nii piksekaitsse vajaduse üle otsustamise protsessi kui ka projekteerimise põhimõtteid. Lisaks uuritakse ka valgustuse projekteerimisega seotud probleeme ning kirjeldatakse valgustusele esitatavaid nõudeid.

Käesoleva lõputöö läbitöötamisel saab ettekujutuse korterelamu projekteerimisest üldiselt ning kõikidest elektriosa puudutavatest aspektidest täpsemalt. See on heaks lähtematerjaliks elektriprojekteeerimisega alustavatele isikutele.

1. Projekteerimisprotsess

Tänapäeval on hoonetes palju erinevaid tehnosüsteeme, mida sageli soovitakse siduda ja juhtida automaatika abil. Üha enam levib 3D mudelis projekteerimine, et vähendada ehitusplatsil selgivate konfliktide hulka erinevate tehnosüsteemide vahel, mida enamasti projekteerivad erinevad inimesed. Seetõttu on projekteerimine efektiivsem, kui toimub projekteerijate omavaheline tihe suhtlus. Sellest lähtuvalt pakuvad enamasti kvaliteetsemaid projekte firmad, kus projekteeritakse kõik eriosad samas ettevõttes.

1.1. Projekteerimisetapid ja tulemus

Vastavalt majandus- ja taristuministri määrusele nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“ on hoone ehitusprojekti staadiumiteks eelprojekt, põhiprojekt ja tööprojekt. Eelprojekt on ehitusprojekti staadium, milles esitatakse ehitise arhitektuurilahendus ja insener-tehniliste lahenduste põhimõtted, mida tellija kooskõlastuse korral detailiseeritakse projekteerimise järgmistes staadiumites. Eelprojekti staadiumis analüüsitakse erinevate arhitektuurilahenduste ja insener-tehniliste lahenduste sobivust ja ökonoomsust ning valitakse projekteeritava ehitise jaoks kõige sobivamad. [1]

Põhiprojekt on ehitusprojekti staadium, milles esitatakse ehitise arhitektuurilahenduste ja insener-tehniliste lahenduste ning kvaliteedi kirjeldus täpsusega, mis võimaldab määrata ehitise eelarvelist maksumust, korraldada ehitushanget ja koostada ehitamiseks hinnapakumust. Põhiprojekti staadiumis arendatakse edasi eelprojekti staadiumis välja valitud lahendusi ja töötatakse välja ehitise põhilahendused selliselt, et ehitusprojekti osad oleksid omavahelises kooskõlas ja süsteemselt seotud. [1]

Tööprojekt on ehitusprojekti staadium, milles esitatakse ehitise arhitektuurilahenduste ja insener-tehniliste lahenduste ning kvaliteedi kirjeldus täpsusega, mis võimaldab nõuetekohaselt ehitada ning koostada teisi ehitamisega seonduvaid dokumente, mille olemasolu peetakse vajalikuks. [1]

Hoone elektriprojekt koosneb mitmetest erinevatest osadest. Väga oluline osa on projekti seletuskiri, milles kirjeldatakse kõiki hoonesse projekteeritud elektrisüsteemiga seonduvaid osi nagu peakaitse, juhistikusüsteem, kaitseseadmed, paigalduspõhimõtted jne. Seda täiendavad struktuurskeemid maanduse, potentsiaaliühtlustuse ja elektrisüsteemi kohta üldiselt, paigaldusplaaniid korruste kaupa ja kilbijoonised kõikide elektrikilpide kohta.

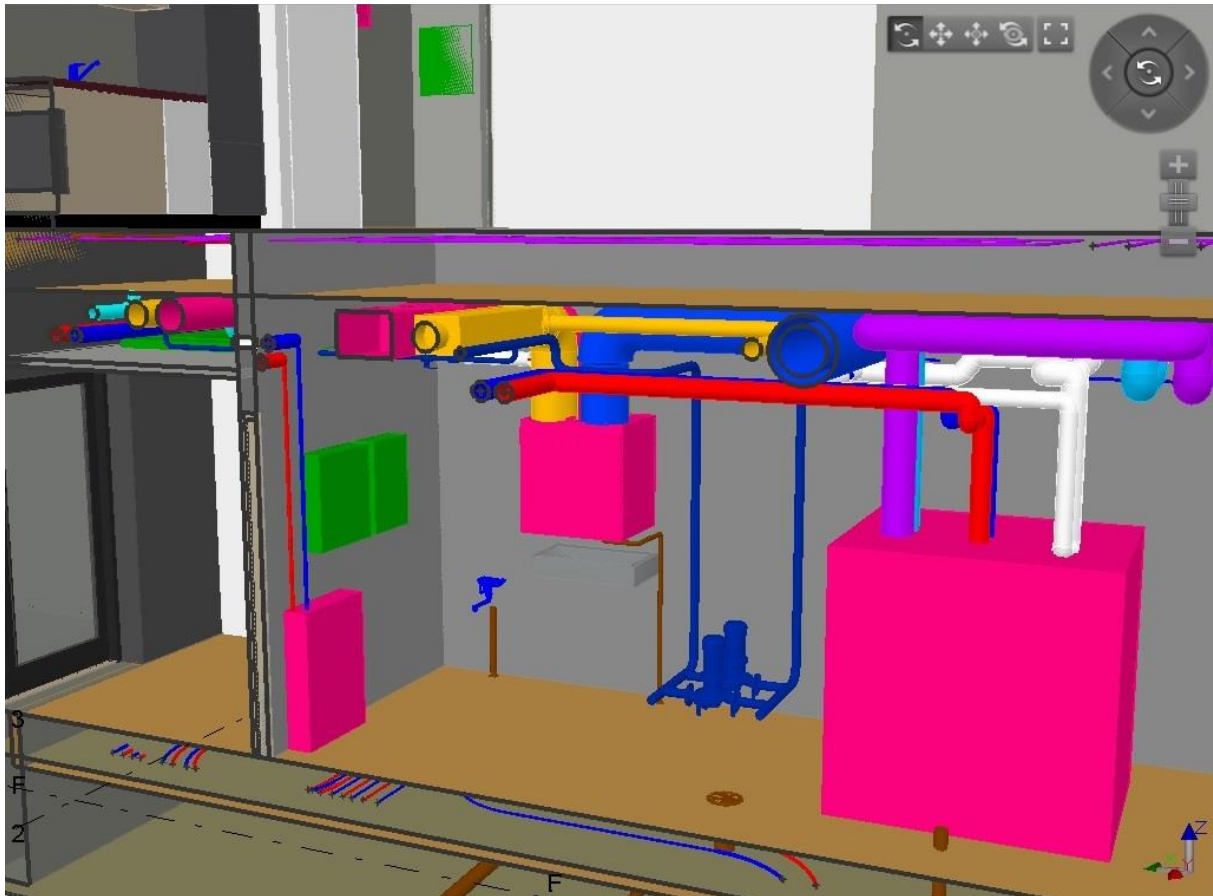
Paigaldusplaane koostatakse tugevvoolu osas tüüpiliselt kaks tükki iga korruse kohta: jõupaigaldise plaan, mis sisaldab pistikupesade, otse seadmetega ühendamiseks mõeldud toiteotste, ruumitermostaatide jms asukohti, kaabeldust ja toitegrupe. Ülevaatlikkuse huvides võivad sinna olla lisatud ka nõrkvoolupistikupesad. Tingmärkide loetelu ja selgitavad märkused lisatakse joonise serva. Seal märgitakse enamasti ära ka paigalduskõrgused, kasutatavad kaablitüübid ja muud paigaldusega seotud täpsustused, et joonis ise oleks võimalikult selgelt loetav ja liigest informatsioonist vaba. Samal põhjusel ongi otstarbekas eraldada pistikupesade ja valgustuse plaanid. Teatud juhul on mõistlik koostada ka eraldi kaabliteede plaan. Seda tehakse siis, kui hoonesse projekteeritakse väga palju kaableid ja kaablimagistraale, mille kandmine jõuplaanile muudaks selle raskesti loetavaks. Korterelamutes nähakse kaabliredelid ette enamasti elektrišahti läbi kõigi korruste ning tehnoruumide vahele, mis paiknevad enamasti esimesel korrusel.

Teine korruseplaan koosneb valgustuse osast. Sinna kantakse valgustite asukohad, lühtrite jaoks jäetud toiteotste asukohad ning lülitid, kaabeldus ja toitegrupid. Joonise serva on kasulik märkida valitud valgustite tüübid ning nende valgustehnilised parameetrid, kaablite tüübid jms. Mõlema plaani osas määratakse asukohad eelkõige vastavalt tellija soovidele ning sisekujundusele, pidades silmas eelkõige kasutusmugavust.

Kui hoonesse planeeritakse suurel hulgal kaabliteid ja valgustiriputusrenne, siis on mõistlik ka nende kohta koostada eraldi paigaldusplaan. Korterelamute puhul tekib taoline vajadus enamasti ainult esimese korruse puhul, kus erinevate tehnoruumide vahel liigub suur hulk kaableid. Lisaks koostatakse ka ehituseks kuluvate seadmete ja materjalide loetelu.

Järjest enam soovivad ehitusfirmad saada ka hoone kohta elektroonilist 3D mudelit, mis võimaldab ehitusplatsil hoonesse kavandatud seadmete ja torustike paiknemist kergemini ette kujutada. Mudeli suur kasu avaldub projekteerimise algusetapis, kui on tarvis hinnata tehnoruumide, šahtide ja laetage osa ruumivajadust erinevate tehnosüsteemide jaoks. Üldjuhul modelleritakse suured objektid nagu elektrikilbid, kaabliredelid, valgustiriputusrennid ning teiste eriosade torustikud ja kütte-, ventilatsiooni ning jahutusseadmed. Väiksete objektide nagu pistikupesade, lülitite ning valgustite kandmine mudelisse pole üldjuhul põhjendatud, kuna lülitid ja pistikupesad asuvad üldjuhul seintel, kus teiste tehnosüsteemidega konflikte ei teki. Valgustitel võib näiteks ripplae taga olla küll teiste süsteemidega potentsiaalseid konflikte, kuid väikeste mõõtmete tõttu on need enamasti ehitusplatsil lihtsasti lahendatavad. CADS planner joonestustarkvara võimaldab nimetatud objektidest teha mudelfaili IFC formaadis.

Mudeli vaatamiseks sobib näiteks Tekla BIMsight programm, kuhu saab kokku tõsta ka teiste eriosade projekteerijate poolt koostatud IFC mudelid konfliktide kontrollimiseks. 3D mudel võimaldab projekteeritud hoonest kiirelt ja lihtsalt teha sobivast kohast lõikeid ning seda erinevate nurkade alt vaadata.



Joonis 1.1 Vaade 3D mudelist

Kõik joonised tuleb vormistada nii, need oleksid üheselt arusaadavad ja kergesti loetavad. Tuleks vältida liigse ja ebaolulise informatsiooni esitamist. Kõikide kasutatud tingmärkide tähendused ja selgitused peavad olema jooniselt leitavad. Igal joonisel peab olema kirjanurk, kus on märgitud, mille kohta antud joonis käib, kes on teostaja ning kes on vastutav. Samuti peaks kirjanurgas olema toodud projekti staadium, dokumendi tähis ja kuupäev.

1.2. Lähtematerjalid

Selleks, et projekteerida hoonele elektrivõrk, on esmalt tarvis teada hoonesse planeeritavate elektriseadmete võimsusi. Ventilatsiooni, kütte ja jahutusega seotud elektrivõimsused esitab üldjuhul vastava osa projekteerija. Lifti võimsuse annab lifti tarnija. Korterite võimsuse

hindamine on kõige keerukam, kuna pole konkreetselt teada, kui palju seadmeid korterites olevatesse pistikupesadesse ühendatakse. Küll aga on olemas meetodid selle ligikaudseks hindamiseks, mida käsitletakse täpsemalt järgnevates peatükkides. Teatud määral saab lisainfot ka tellijalt või arhitektilt, kes oskab hinnata korteritesse planeeritavate seadmete hulka: elektriliste köögiseadmete hulk, sauna olemasolu jne. Kui on teada hoonesse planeeritavate elektriseadmete hulk, on tarvis hinnata nende kasutamise üheaegsust. Kui seda mitte teha, oleks elektrijuhtistik ja kõik kaitseaparaadid ebaotstarbekalt üledimensioneeritud ning ehitus ja võrguga liitumine tunduvalt kallim.

Kui on selgeks tehtud hoone jaoks vajaliku peakaitsme suurus, tuleb küsida elektrivõrguga liitumiseks tehnilised tingimused võrguvaldajalt, kes osutab antud piirkonnas võrguteenust. Suuremas osas Eestist on jaotusvõrgu teenust pakkuvaks ettevõtteks Elektrilevi OÜ, kuid Läänemaal ja Viimsi vallas Imatra Elekter AS ning Ida-Virumaal Narvast Sillamäeni VKG Elektrivõrgud OÜ. Tehnilised tingimused on dokument, mis loetleb nõuded, millele peab planeeritav või projekteeritav elektrisüsteem vastama. Tehnilised tingimused on alus ehitise elektrisüsteemi projekteerimiseks või territooriumi planeeringuks. Tehnilistest tingimustest näeb projekteerija või planeeringu koostaja, millistele Elektrilevi nõuetele peab projekteeritav elektrisüsteem või koostatav planeering vastama. [2] Tehnilistes tingimustes määratakse ära millisest alajaamast ja millise kaabliga plaanitakse projekteeritava hoone elektrivarustus tagada. Seda infot on tarvis projekteerimise käigus elektrotehniliste arvutuste teostamiseks, et pingekao ja lühisvoolude järgi määrata sobivad elektrijuhtide ristlõiked ja kaitseadmed. Lisaks tuleb loomulikult arvestada ka tellija soovide ja teiste eriosade projekteerijate lahendustega.

Projekteerimisel on soovitatav aluseks võtta ja järgida tehnilisi ja projekteerimisnorme, standardeid ning muid juhendmaterjale. See võimaldab koostada kvaliteetse ja optimaalsete lahendustega projekti, annab kindluse tellijale ning tõstab projekteerija usaldusväarsust. Samuti võimaldab see projekteerijal oma otsuseid adekvaatselt põhjendada. Riigis kehtivate seaduste ja õigusaktide järgimine on kohustuslik. Olulisemad elektriprojekteerimisega seonduvad õigusaktid on järgmised:

- Ehitusseadustik;
- Seadme ohutuse seadus;
- Ehitusseadustiku ja planeerimisseaduse rakendamise seadus;

Elektriprojekteamisel kasutatavad olulisemad standardid on järgnevad:

- Eesti standard EVS 811:2012 "Hoone ehitusprojekt";
- Eesti standard EVS 907:2010 "Rajatise ehitusprojekt";
- Eesti standard EVS 865-1:2013 „Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri“;
- Eesti standard EVS 865-2:2014 „Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 2: Põhiprojekti seletuskiri“;
- EVS-EN 61140:2006 Kaitse elektrilöögi eest. Ühisnõuded paigaldistele ja seadmetele;
- EVS-HD 60364; EVS-IEC 60364 Ehitiste elektripaigaldised; Madalpingelised elektripaigaldised;
- EVS-EN 60529 Ümbristega tagatavad kaitseastmed (IP-kood);
- EVS-EN 12464-1:2011 Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad;
- EVS-EN 12464-2:2014 „Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 2: Välistöökohad“;
- EVS-EN 1838:2013 Valgustehnika. Hädavalgustus;
- EVS-EN 50172:2005 Evakuatsiooni hädavalgustussüsteemid;
- EVS-EN 60439; 61439 Madalpingelised aparaadikoosted;
- EVS-EN 60909 “Short-circuit currents in three phase a.c systems”;
- EVS-EN 62305 „Piksekaitse“
- EVS-EN 50110-1:2013 Elektripaigaldise käit;

Hoone välisvõrkude projekteerimisel tuleks järgida järgmiseid standardeid ja juhendeid:

- EVS 843:2003 Linnatänavad;
- Standard EE10421629-JV ST 5-6:2001 0.4...20kV Võrgustandard. Osa 6: 0,4 kV kaabelliinid;
- Teli nõuded liinirajatistele: „Tüüpsituatsioonid kaevetöödel ja võimalikud kaitsemeetodid liinirajatiste säilitamiseks“

1.3. Projekteamistöö organiseerimine

Erinevates firmades võib projekteerimine olla erinevalt korraldatud. Suuremates firmades võib suurte objektide projekteerimine toimuda kõikide eriosadega paralleelselt ühes ruumis, et erinevate osade projekteerijad saaksid võimalikult operatiivselt suhelda ja infot vahetada.

Korterelamute puhul üldjuhul sellist varianti ei kasutata, kuna need pole nii keerukad kui kaubamajad, suured bürood või muud eriotstarbelised hooned. Väikesed ainult elektriprojekteerimisele spetsialiseerunud firmad või üksikettevõtjad võivad suurematele firmadele alltöövõtu korras töid teha. Selline töökorraldus pole aga nii efektiivne, kuna suhtlemine ja probleemide lahendamine võtab rohkem aega.

Elektriprojekterija alustab tavaliselt tööd viimasena, kuna vajab lähteülesannet ventilatsiooni, kütte ja jahutuse projekterijatelt nende poolt planeeritavate seadmete elektrilise võimsuse kohta. Lisaks on vee- ja jahutustorustikud suuremamõõtmelised kui elektrikaablid ja seega on elektriprojekterijal kaabliteed, elektrikilbid ja valgustid mõttekam viimasena paika panna. Loomulikult on projekti alguses tarvis kõikide eriosade projekterijate ja arhitekti ning tellijaga nõu pidada, et valida vajalikud kilbiruumi ja elektrišahti mõõtmed. Protsessi efektiivsuse seisukohast on oluline saada enne paigaldusplaanide joonistamist kindlalt paika arhitektuurne planeering, et ei peaks paigaldusplaan hiljem arhitektuursete aluste muutumisel üle joonistama. 3D mudelis erinevate osade vaheliste konfliktide kontrollimine toimub enamasti vastavalt projekti ajakavale. Elektri osas on kõige ohtlikumad kohad ruumiliste konfliktide suhtes esimesel korrusel kilbiruumist elektrišahti liikumise teed ja tehnoruumide vahelised kaabliteed. Põhjus on selles, et seal on palju kaableid ja torustikke koos ning ruumi enamasti vähe. Kõige parem planeering on elektriprojekterija jaoks selline, kus kaablišaht asub otse kilbiruumi vastas.

Projekteerimise kõige aeganõudvam osa on tavaliselt paigaldusplaanide joonistamine. Seda eriti juhul, kui kõik korrused on erineva planeeringuga. Tüüpkorruste puhul on see protsess tunduvalt kiirem. Enamjaolt kasutatakse varianti, kus keskmised korrused on tüüpse planeeringuga ja esimene ning viimane korrus on erinevad. Esimesel korrusel võivad olla panipaigad või garaažiboksid ja tehnoruumid ning võib-olla ka mõni korter. Viimasele või paarile viimasele korrusele planeeritakse üldjuhul suuremad ja luksuslikumad korterid. Lisaks sõltub projekteerimise kestus ka tellija ja projekterija vahelisest suhtlusest. Kui tellija oma soove projekteerimise käigus muudab, võib see tähendada, et projekterija on teinud tühja tööd ja projekti valmimine venib. Seda suhtlust koordineerib enamasti projektijuht. Seega võib öelda, et tüüpsete korruste ja sujuva töökorralduse korral on võimalik korterelamu elektriprojekti valmis teha ka vähem kui kuu ajaga. Tihti võib projekterija tegeleda paralleelselt mitme projektiga. Kui sel juhul on tegu kõrgete hoonetega, mille korrused on

erineva planeeringuga ning tähtaeg ei ole kriitiline võib ühe projekti valmimine võtta aega ka pool aastat.

Eesti Ehituskonsultatsiooniettevõtete Liit (EKEL), endine Eesti Projektbüroode Liit (EPBL) on ehituskonsultatsiooniteenuseid osutavate ettevõtete ühendus, millel on 06.03.2017 seisuga 63 liiget. EKELi tegevus on suunatud ehitiste lõpptarbivate, nende kasutajate huvide kaitsmisele kvaliteetse ehitustöö nõuete kehtestamise teel ehitusprojektides. EKEL-i kuuluvad ehituse valdkonnas konsultatsiooni- ja projekteerimisteenuseid pakkuvad firmad (nii arhitekti- kui ka inseneribürood). [3] Samas ei ole kõik projekteerimisega tegelevad ettevõtted antud ühenduse liikmed, aga mingi ettekujutuse saab siiski projekteerimisfirmade hulgast. Suuremaid ja keerukamaid projekte teevad enamasti suuremad ja prestiižemad projekteerimisbürood. Väiksemad ja alustavad ettevõtted peavad sageli piirduma eramute ja korterelamute projekteerimisega, mis on samas hea võimalus alustaval ettevõtjal kogemuste ja referentside kogumiseks. Praegusel ajal ehitatakse piisavalt palju, et projekte jätkuks kõikidele ettevõtetele. Samas võib majanduslanguse ja kinnisvaraturu üleküllastumisel nii mõnigi firma raskustesse sattuda. See võib tagada eelkõige väiksemaid ja alustavaid ettevõtteid, kes pole veel turul usaldust võitnud ja stabiilset kliendibaasi loonud.

1.4. Projekteerimistöö maksumus

Projekteerimise maksumus moodustab ehitise kogumaksumusest tegelikult väga väikese osa, üldjuhul ca 4-5%. Kõige suuremad kulud on seotud ehitamise ja vajalike materjalidega. Novarc Group AS projekteerimisfirma kogemusele tuginedes on projekteerimise kõige mahukam osa arhitektuurne osa ja ehituskonstruksioonide projekteerimine, mis kumbki moodustab ca 1/3 kogu projekti mahust. Elektriprojekti maksumus, mille alla kuulub nii tugevvoolu, nõrkvoolu kui ka automaatika osa, moodustab ligikaudu 10% kogu hoone projektist. Kuna projekteerimine toimub digitaalselt ning enamasti ka väljastatakse see tellijale digitaalselt (tellija soovil võimalik ka paber kandjal esitada), siis praktiliselt kogu projekteerimisega seotud kulu on töötajate palk ning firma kasum. Hoone ligikaudse ehitusmaksumuse arvestamiseks võib ligikaudselt võtta 700 €/m². Projekteerimise maksumus moodustab sellest ca 40 €/m². Hoone maksumus varieerub sõltuvalt selle keerukusest. Tunduvalt lihtsustab ja kiirendab projekteerimist tüüpsete korruste kasutamine. Samuti on oluline roll projektijuhil, kes koordineerib projekteerimiskoosolekute korraldamist ning suhtlust tellija ja projekteerijate vahel.

Tabel 1.1 Kortereelamu projekti erinevate komponentide osakaalud

Projekti osa	Maksumuse osakaal
Projektijuhtimine	7%
Arhitektuurne osa	30%
Ehituskonstruksioonide osa	34%
Kütteprojekt	3%
Ventilatsiooniprojekt	6%
Jahutusprojekt	2%
Vee- ja kanalisatsiooniprojekt	4%
Tugevooluprojekt	5%
Nõrkvooluprojekt	3%
Automaatikaprojekt	2%
Asendiplaani	1%
Sisearhitektuur	3%
Kokku	100%

Ehitusfirmal on kokkuhoiu mõttes võimalus vahetada projektis toodud seadmed ja tooted odavamate analoogide vastu, kui need vastavad nii tehniliste näitajate poolest kui ka kvaliteeditasemelt projektis kirjeldatud toodetele. Vastutus tootevalikust ja vahetusest põhjustatud tagajärgede eest, nt. valgustite puhul projektis esitatud valgustustehniliste parameetrite tagamisel jääb sel juhul täies ulatuses töövõtjale.

1.5. Liginullenergiahooned

Tulenevalt EL Hoonete Energiatõhususe Direktiivist on liikmesriigid ja sealhulgas ka Eesti kohustatud uute ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete osas järgima energiatõhususe nõudeid. Pärast 31. detsembrist 2020 peavad kõik uusehitised olema liginullenergiahooned. Samu nõudeid peavad juba pärast 31. detsembrist 2018 täitma uusehitised, mida kasutavad ja omavad riigiasutused. [4] Seega tuleb juba praegu projekteerimisel nimetatud nõudeid arvestada. Vastavalt mainitud direktiivile on liginullenergiahoone parima võimaliku ehituspraktika

kohaselt energiatõhusus- ja taastuenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhusarv on suurem kui 0 kWh/(m²/a) kuid mitte suurem kui 50 kWh/(m²/a) väikeelamute puhul ja 100 kWh/(m²/a) korterelamute puhul. [5] Energiatõhususarv (ETA) on arvutuslik summaarne tarnitud energiatega kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel, millest arvatakse maha summaarne eksporditud energiatega kaalutud erikasutus [kWh/(m²·a)] [4]

Seni on Eesti korterelamud väikese energiatõhususega. Uuring kasutusest väljalangenud ja mahajäetud elamufondi võimalikust probleemsest pakub, et keskmine korterelamute enegiakulu on 250 kWh/a ning eesmärgiks on jõuda tasemeni 150 kWh/a. [4]

Vabariigi valitsuse Energiatõhususe miinimumnõuete määruses on öeldud, et ehitatava hoone energiatõhususarv ei tohi ületada väikeelamutes 160 kWh/(m²/a) ja korterelamutes 150 kWh/(m²/a). [5]



Joonis 1.2 Energiamärgise klasside energiatõhususarvud korterelamutes (KE) ja büroohoonetes (BH) [6]

Energiamärgise skaala näitab, kui palju võib energiakasutus kõikuda – G-klass vastab kõige kehvemas seisundis olevatele hoonetele, D-klass on olulise rekonstrueerimise miinimumnõue, C-klass uute hoonete miinimumnõue ja A-klass liginullenergiahoonete nõue, mis edaspidi muutub uute hoonete miinimumnõudeks. [6]

Liginullenergiahoonete energiabilansi moodustumine on esitatud allolevas tabelis 1.2. Ventilatsioonenergia all on esitatud ventilaatorite (ja osal juhtudel ringluspumpade) elekter. Hoonetes või krundil toodetud lokaalne taastuenergia on esitatud miinusmärgiga, sest osa

sellest vähendab tarnitud elektrit ning osa eksporditakse ehk mõlemal juhul vähendatakse arvutamisel energiatõhususarvu. Energiatõhususarvu arvutamisel on kasutatud kõikide hoonete puhul energiakandjate kaalumisteguritena 2,0 elektrile, 0,7 kaugküttele ja 0,5 biokütusele, millest kaks viimast erinevad Eesti väärtustest (0,9 kaugküttele ja 0,75 biokütustele).

Tabel 1.2 Liginullenergiahoonete energiabilansi struktuuri näited üle euroopa [6]

	FRA	SUI	NL1	FIN	NL2	SWE1	SWE2	EST
Küte	10,5	6,0	13,3	38,3	20,5	32,2	10,0	25,0
Jahutus	2,4	6,7	3,3	0,3	3,2	1,3	0,5	2,0
Ventilatsioon	6,5	8,1	17,5	9,4	11,8	13,2	3,0	9,7
Valgustus	3,7	16,3	21,1	12,5	12,5	16,5	12,6	11,3
Seadmed	21,2	26,8	19,2	19,3	5,0	16,9	12,6	18,5
Lokaalne taastuv	-15,6	-30,9	-73,8	-7,1	-36,5		-39,0	-19,6
Tuulepargielekter						-47,9		
Koostootmiskütus			184					
Eksporditud soojus			-50,0					
Energiatõhususarv	42	66	68	96	33	23	-1	61

Hoonete energiasäästu potentsiaali on hinnatud Eesti energiamajanduse arengukava ENMAKi uuendamise hoonete energiasäästupotentsiaali uuringus. Uuringus on leitud, et olemasoleva hoonefondi energiasäästu tehniline potentsiaal on 9,3 TWh/a soojust ja 0,2 TWh/a elektrit ning ehitusstatistika ja energiatõhususe miinimumnõuete määruse energiatõhususe tasemetest (miinimumnõue ja liginull) lähtudes leiti, et uute liginullenergiahoonete ehitamine annaks energiasäästu 0,5 TWh/a soojust ja 0,4 TWh/a elektrit. [4]

Põhilise osa hoonete energiatõhususe suurendamisest annab hea soojustus ning soojustagastusega ventilatsioon. Elektriprojekterija peaks kindlasti kasutama LED valgustust, mis on kõige energiasäästlikum valgustuse lahendus. Mõnikord esitava tellijad valgustusele omapoolsed energiatõhususe nõuded kas energiatarbimise osas pindalaühiku kohta (W/m^2) või kasutatavate valgustite valgusviljakusele (lm/W). Sel juhul tuleb neid nõudeid arvesse võtta. Muus osas elektriprojekterija hoonete energiatõhusust tõsta ei saa ilma taastuvenergia tootmise kasutamisetä. See tuleb vajadusel tellijaga eraldi kokku leppida, kuid korterelamute puhul enamasti seda varianti ei kasutata. Suurte ühiskondlike hoonete, tehaste ja muude hoonete korral, millel on palju vaba katusepinda, paigaldatakse sinna sageli päikesepaneelid.

Energiaarvutuse koostab enamasti kütte, ventilatsiooni ja jahutuse projekterija. Hoone energiatarbimist saab modelleerida programmiga BV². Energiaarvutuse metoodikat kirjeldab Vabariigi Valitsuse 5. juuni 2015 määrus nr 58 „Hoonete energiatõhususe arvutamise

metoodika“. Antud metoodikat siinkohal täpsemalt ei kirjeldata, kuna selle olulisus elektriprojekterijale on minimaalne.

Projekteeritud Paepargi 43 korterelamu energiatõhususarv on 119 kWh/m²·a, mis annab energiatõhususe klassiks B. Kuna hoone ehitatakse enne 2020. aastat, siis on energiatõhususe klass B igati sobiv. Pärast 2020. aastat ehitatavad korterelamud peavad olema kõik A klassi hooned. See tähendaks eelkõige hoone soojapidavuse suurendamist ning efektiivsemate kütte-, ventilatsiooni- ning jahutusseadmete kasutamist.

2. Elektrivõrguga liitumine

Liitumiskilp paigaldatakse üldjuhul lähimale mastile või (maakaabli korral) kinnistu piirile. Alates liitumispunktist kuulub elektripaigaldis tarbijale. Jaotusvõrgu haldaja on kohustatud dimensioneerima jaotusvõrgu nii, et rikke korral rakenduks liitumispunkti kaitse 5 sekundi jooksul, kliendi jaotuskilbi kaitse 0,4 sekundi jooksul (kuni 32A rühmade korral) ning lühisvool liitumispunktis oleks vähemalt 250 A. See võimaldab liitujal lõppahelate kaitseks kasutada standardi EVS-EN 60898-1 kohaseid C-tüüpi rakendustunnusjoonega vähemalt 16A nimivooluga kaitselüliteid. [7] Võrguga liitumise maksumus sõltub liitumiskilbi peakaitsme suuruselt, mis määrab liitumispunkti läbilaskevõime ehk korraga maksimaalselt tarbitava vooluhulga. Seetõttu on majanduslikult otstarbekas valida võimalikult väike peakaitse, mis samal ajal võimaldab antud tarbimiskohas elektrit vajalikul määral tarbida.

2.1. Hoone peakaitsme määramine

Optimaalse peakaitsme valikul tuleb leida suurim samaaegselt tarbitav koormus. See tähendab, et ei liideta kokku kõikide tarvitite võimsused vaid suurima koormuse määratlemisel tuleb arvestada koormuste eriaegsust ehk ühtlustamist. Selle suuruse arvutamiseks tuleb arvesse võtta elektritarvite:

- samaaegsustegurit, mis arvestab, et kõiki olemasolevaid tarviteid ei lülitata sisse korraga,
- kasutustegurit, mis arvestab, et ühtegi tarvitit ei kasutata pidevalt,
- maksimumitegurit, mis arvestab, et tarvitid ei pruugi talitleda täisvõimsusel.

Kõik need tegurid on väiksemad kui 1 ja nende korrutamisel saadav kokkuvõtlik nõudlustegur on tavaliselt vahemikus 0,4...0,7. Nõudlusteguri väärtus sõltub suuresti arvestatava üksuse (korterit, maja) suuruselt, paigaldatud seadmete hulgast ja iseloomust. Mida suurema hoonega on tegu, seda väiksem on nõudlustegur. [8]

Nende teguritega arvestamiseks on koostatud eluhoonete arvutusliku võimsuse määramise juhend, mille kohaselt saab eluhoonete arvutusliku võimsuse määrata järgneva valemi 2.1 abil. [9]

$$P_a = p \cdot A + P_0 \quad (2.1)$$

A-elamu kasulik pind (m²)

p – elektrifitseerituse taset iseloomustav erivõimsus (kW/m²)

P_0 – hoone liiki iseloomustav lisavõimsus (kW)

Alljärgnevas tabelis on esitatud suuruste p ja P_0 väärtused kõigi sagedamate elamutüüpide jaoks.

Tabel 2.1 Elamute arvutusliku võimsuse määramise tegurid [9]

Rühm	Hoone liik	Pliidi ja elektriküte kasutamine	$A \leq 1500$		$A \geq 1500$	
			p , kW/m ²	P_0 , kW	p , kW/m ²	P_0 , kW
1.1	Korruselamu	Tahkkütuse- või balloongaasipliit	0,016	25	0,009	36
1.2		Maagaasipliit	0,012	25	0,007	32
1.3		Elektripliit ilma elektrikeriseta	0,032	30	0,016	54
1.4		Elektripliit ja elektrikeris	0,05	30	0,024	69
2.1	Suveelamu	Tahkkütuse- või balloongaasipliit	0,01	12	0,008	15
2.2		Elektripliit ja elektrikeris	0,026	12	0,024	15
3.1	Ridaelamu	Tahkkütuse- või balloongaasipliit	0,012	30	0,008	36
3.2		Elektripliit ja elektrikeris	0,028	30	0,024	36
3.3		Elektripliit, elektrikeris, otsene elektriküte ja otsene elekterkuumaveearustus	0,07	30	0,06	45
3.4		Elektripliit, elektrikeris, salvestuselektriküte ja salvestav elekterkuumaveearustus	0,2	45	0,18	75
4.1	Eraelamu	Tahkkütuse- või balloongaasipliit	0,01	12	0,01	12
4.2		Elektripliit ja elektrikeris	0,028	12	0,024	18
4.3		Elektripliit, elektrikeris, otsene elektriküte ja otsene elekterkuumaveearustus	0,07	12	0,06	27
4.4		Elektripliit, elektrikeris, salvestuselektriküte ja salvestav elekterkuumaveearustus	0,2	18	0,18	48
5.1	Taluelamu	Tahkkütuse- või balloongaasipliit	0,008	12	0,008	12
5.2		Elektripliit ja elektrikeris	0,024	12	0,02	18
5.3		Elektripliit, elektrikeris, otsene elektriküte ja otsene elekterkuumaveearustus	0,06	12	0,05	27
5.4		Elektripliit, elektrikeris, salvestuselektriküte ja salvestav elekterkuumaveearustus	0,2	18	0,18	48

Näitena kasutatavas Paepargi 43 korruselamus on korterites elektripliit ja keriseid pole planeeritud. Seega liigitub antud hoone Rühma 1.3. Hoones on ligikaudu 2660 m² kasulikku pinda. Seega tegur $p=0,016 \text{ kW/m}^2$ ja $P_0=54 \text{ kW}$

$$P_a = 0,016 \cdot 2660 + 54 = 96,56 \text{ kW}$$

Arvutusliku võimsuse järgi on võimalik arvutada vajaliku kolmefaasilise peakaitsme suuruse.

$$I = \frac{P_a}{3 \cdot 230} = \frac{P_a}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{P_a}{690} \quad (2.2)$$

Näidishoone puhul oleks vajalik peakaitsme minimaalne suurus 140 A. Peakaitsme saab valida järgmiste suuruste seast: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 350, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 700, 750, 800, 900, 1000, 1125, 1250, 1280, 1440, 1600, 1800, 2000, 2250, 2500A. [10] Elektrilevi poolt pakutavatest peakaitsete jadast on antud juhul väiksem sobiv peakaitse 160A. Siiski peab arvestama, et arvutuslik võimsus on määratud ligikaudsel meetodil ja seetõttu on otstarbekas valida ühe astme võrra suurem peakaitse, et vältida peakaitsme väljalööki, kui tarbimine peaks oodatust mõnevõrra suuremaks osutama. Konkreetsesse hoonesse sai seetõttu valitud 180 A peakaitse.

Schneider Electric juhend pakub välja meetodi hoone peakaitsme määramiseks meetodi, mis arvestab asjaolu, et kõik tarvitid ei tööta korraga ja enamasti ei tööta nad maksimaalse võimsusega. Seega tuleks hinnata tarvitite üheaegset kasutamist, kui on teada tarvitite summaarne võimsus. Täpsemalt kirjeldatakse seda meetodit peatükis 2.3. Lihtsustatult tähendab üheaegsuse arvestamine seda, et tarvitite summaarne võimsus korrutatakse läbi teatava teguriga, mis on väiksem kui 1 ning sel teel leitakse maksimaalne tarbimisvõimsus, millest omakorda arvutatakse vajaliku peakaitsme suurus. Seejuures on kõige keerukam hinnata kasutatava teguri suurust. Rusikareegel on, et mida suurem on tarbijate hulk, seda väiksema võib võtta üheaegsusteguri.

Tabel 2.2 Üheaegsustegur hoone peakaitsme määramisel [11]

Korteri arvu arv	Üheaegsustegur k_s
2-4	1
5-9	0,78
10-14	0,63
15-19	0,53

20-24	0,49
25-29	0,46
30-34	0,44
35-39	0,42
40-49	0,41
≥50	0,38

2.2. Liitumisprotsess

Võrguühenduse loomine ehk liitumine on tarbimiskoha ühendamise elektrivõrguga. Esimene samm võrguühenduse loomiseks on liitumistaotluse esitamine võrguvaldajale. Selleks on Elektrilevil olemas spetsiaalne vorm, milles olulisemad punktid on soovitud peakaitsme suurus ning liitumispunkti asukoht. Tavaliselt paigutatakse liitumiskilp kinnistu piirile. Alates 630A on liitumispunkti asukoht Elektrilevile kuuluvas alajaamas – seega asukohta pole vaja valida. Liitumiskilbi lõplik asukoht määratakse elektrivõrgu ehituse tööprojekti koostamise käigus. Võrguühenduse läbilaskevõime korral kuni 630 A võib liitumispunkti ühendatavate liituja liinide arv olla kuni 2, millest kummalgi ei ületa ühe faasijuhi ristlõikepindala 240 mm². Jaotatud võrguteenusega tarbimiskoha kaitsme nimivool võib olla kuni 63 A. Üle 63 A kaitsmega tarbimiskoht peab olema ühendatud omaette liitumispunkti. [12] Vastavalt taotlusele esitab Elektrilevi 30 päeva jooksul liitumispakkumise. Pakkumises on toodud liitumistasu suurus ja võrguühenduse valmimise tähtaeg. Pakkumine kehtib 60 päeva. Liitumislepingu sõlmimisel on esimene osamakse 50% kogu liitumistasust ja selle maksetähtaeg on 14 päeva. Kui liitumistasu ületab 6000 eurot (hind käibemaksuta), on esimene osamakse lepingu sõlmimisel 10%, teine osamakse enne ehituse alustamist 70% ja tööde lõpetamisel, enne pingestamist 20%. Lihtsamad liitumised (nt kui liitumiskilp paigaldatakse olemasolevale elektriliinile) tehakse valmis 1–2 kuuga. Keerukamate ja suuremahuliste liitumiste korral (nt maapiirkond või uued linnaosad) võib aega võrguühenduse loomine võtta aega kuni 330 päeva. Elektrilevile tuleb esitada tarbimiskoha nõuetekohasuse teatis. Nõuetekohasuse tõendamiseks tuleb tarbijal tellida tarbimiskohale elektripaigaldise audit. Seejärel sõlmitakse võrguleping ning tarbimiskoht pingestatakse. [10] Alati on mõistlik teha kohe püsiv liitumine. Ajutine liitumine on otstarbekas, kui püsiva liitumise tähtaeg on liiga pikk ning ehitusega on vaja kohe

alustada, sest ehituse ajal on vaja elektrit kasutada. Ajutise liitumise saab tellida siiski alles pärast seda, kui uue liitumise korral on tarbimiskohale sõlmitud alalise võrguühenduse loomiseks liitumisleping ning tasutud on lepingujärgse liitumistasu esimene osamakse. Vastavalt Elektrilevi hinnakirjale on võrgulepingu sõlmimine tasuta. Liitumine kuni 400 meetri kaugusel alajaamast maksab 156€ amper. Seega on 160A liitumise maksumus 24960€ ja 180A liitumise maksumus 28080€. Kaugemal kui 400 meetrit alajaamast on liitumistasu vastavalt tegelikele kuludele. Liitumistasu maksumus on enamasti suurem kui hoone elektriprojekti maksumus ning võib seda ületada isegi rohkem kui kahekordselt.

2.3. Korterite peakaitse määramine

Peakaitse valikul on oluline teada, kui palju tarviteid saab korraga tööle panna ilma, et kaitse välja lülituks. Korterite peakaitse on mõttekas valida 3-faasiline. 1-faasilist peakaitset võib kasutada väga väikeses tarbimiskohtades, kus pole vajadust koormust faaside vahel jaotada. Elektrilevi võimaldab 1-faasilist liitumist kuni 25A. Selliseks kohaks võib olla näiteks korteritest eraldi müüdav garaaž, kus on ainult valgustus ja mõned pistikupesad. Korterite kilbis jagatakse 3-faasi vahel elektrivool võrdselt, s.t näiteks 3x32 A peakaitsemega korteris võib tarbida 22 kW (vastavalt valemile 2.2) korraga: igas faasis 7,3 kW. Peakaitse suurus peaks tänapäeva kodumasinade kasutamiseks olema vähemalt 16 amprit. Mõistlik ei ole valida tarbimisvajadusi ületavat amprite hulka, sest liitumistasu on sellisel juhul suurem ja püsitasuga hinnapaketi korral tuleb hakata maksma tarbetult suurt ampritasu. [13]

Ligilaudselt võib sobiva suurusega peakaitse valida korterite pindala järgi vastavalt Elektrilevi soovitudele.

Tabel 2.3 Elektrilevi soovituslikud peakaitse suurused vastavalt korterite pindalale [13]

Tarbimiskoha pindala (m ²)	Peakaitse suurus ilma elektrikuteta (A)	Peakaitse suurus elektrikutte või saunakerisega (A)
15	6	10
25	10	16
50	16	20
75	20	25
100	25	32

125	25	32
150	32	40

Teine võimalus peakaitse valikuks on tarvitite üheaegsusteguri ja nõudlusteguri hindamine, kui on teada kõikide tarvitite võimsused.

Nõudlustegur (demand factor, factor of maximum utilization) tähendab, et tarvitid ei tööta alati maksimaalse võimsusega. Mootorite keskmine nõudlustegur on 0,75, hõõglampidel 1. Pistikupesades oleneb nõudlustegur sealt toidetavast tarvitist. [11]

$$k_u = \frac{P}{P_{\max}} \quad (2.3)$$

k_u – tarviti nõudlustegur

P – tarviti keskmine võimsus kasutamisel (W)

P_{\max} – tarviti maksimaalne võimsus (W)

Üheaegsustegur (diversity factor, simultaneity factor) tähendab, et kõiki tarviteid ei lülitata sisse. Üheaegsusteguri võib võtta seda väiksema, mida rohkem on erinevaid tarviteid.

$$k_s = \frac{P_{\max}}{\sum P_i} \quad (2.4)$$

k_s – tarvitite üheaegsustegur

P_{\max} – tarbimiskohas maksimaalselt tarbitav võimsus (W)

$\sum P_i$ – kõikide tarvitite summaarne võimsus (W)

Eelnimetatud valemitest selgub, et üheaegsustegur kätkeb endas ka nõudlustegurit. Ühte kindlat ja õiget meetodit üheaegsusteguri valimiseks ei ole, kuna see oleneb korteris elavate inimeste tarbimisharjumustest, elatustasemest jm. Üldjuhul jääb üheaegsustegur 0,4 ja 0,7 vahele. [14] Kindluse mõttes on parem võtta suurem üheaegsustegur, kuid sel juhul dimensioneeritakse peakaitse suure tõenäosusega üle.

Schneider Electric juhend pakub välja võimaluse hinnata üheaegsustegurit vastavalt kilbist väljuvate elektriahelate arvule. Valgustuse, elektrikütte ning ventilatsiooni gruppide üheaegsustegur on 1. Pistikupesade gruppide üheaegsustegur on 0,1-0,2, kuna korraga on kasutuses vaid väike hulk pistikupesi ja kodumasinaid. [11]

Tabel 2.3 Üheaegsustegur vastavalt ahelate arvule [11]

Elektriahelate arv kilbis	Üheaegsustegur k_s
2-3	0,9
4-5	0,8
6-9	0,7
≥ 10	0,6

Kui üheaegsustegur on valitud, siis tuleb valemist 2.4 avaldada maksimaalne korteris üheaegselt tarbitav võimsus P_{\max} ning kasutada seda väärtust valemis 2.2 peakaitsme suuruse määramiseks.

Lõpliku otsuse peakaitsme valikul tuleks teha erinevate meetodite abil saadud tulemuste võrdlemisel, valides saadud tulemustest keskmise suurusega peakaitsme. Korrusekilbi peakaitsme valikul võib samuti valida mõne eeltoodud meetodi või kasutada nende võrdlemisel saadud keskmist tulemust.

3. Välisvõrgu projekteerimine

Olenevalt projekti mahu määratlusest võib hoone elektrivõrgu projekteerija töömahu piir olla eri juhtudel erinev. Enamasti projekteerib võrguvaldaja oma trassi liitumiskilbini ise või tellib selle töö eraldi mõnelt projekteerimisfirmalt, mis võib olla ka selle sama tarbija paigaldist projekteeriv ettevõtte. Igal juhul tuleb projekteerida alates liitumispunktis hoone peakilbini tarbija vajadustele vastav liin. Juhul kui hoone ei paikne vahetult kinnistu serval, sisaldab see alati ka välisvõrkude projekteerimist.

Enamasti kasutatakse hoone liitumiskaabli paigaldamist pinnasesse, kuna maakaabel tagab üldjuhul suurema töökindluse. Samas on rikke tekkimisel rikkekoha lokaliseerimine keerukam ja aeganõudvam. Kaasaegsete elamute liitumiskaabel on peaaegu eranditult maakaabel. [15] Kaabelliini projekteerimisel tuleb alati arvestada olemasolevata ja teiste eriosade projekteeritavaid trasse. Seejuures tuleb tagada normikohased kujad ehk trassidevahelised ning trasside ja muude rajatiste vahelised puhasvahed. Samuti tuleb tagada minimaalne lubatav paigaldussügavus. Sellest lähtuvalt tuleb paigaldada elektrikaablid pingega kuni 20 kV maapinnast 0,7m sügavusele. Sõidutee all peab kuni 35 kV kaablite paigaldussügavus olema vähemalt 1m. [16]

Tabel 3.1 Tehnovõrkude horisontaalkujad hoonetest ja rajatistest [16]

Tehnovõrgu liik	Kaugus (puhas vahe) horisontaalsuunas (m) tehnovõrgust kuni								
	hoone ja rajatise vundamendini	massiivse piirde, estakaadi ja raudtee õhuliini masti vundamendini	äärmise rööbastee teljeni		sõidutee äärekivi esi-servani	küveti välis-serva või tee muldkeha jalamini	elektriõhuliini posti vundamendini, pingega		
			1520 mm raudteel	trammi-teel			kuni 6 kV	6 kV kuni 35 kV	110 kV
Veetoru ja survekanalisatsioon	3	3	4	2,8	1,5	1	1	2	3
Isevolne kanalisatsioon	3	1,5	4	2,8	1,5	1	1	2	3
Drenaaz	0,4	0,4	0,4	-	0,4	-	-	-	-
Gaasitoru survega kuni 5 MPa	1	1	3,8	2,8	1,5	1	1	10	10
5 MPa kuni 16 MPa	2	1	7,8	3,8	1,5	1	1	10	10
Kaugküttetoru	2	1,5	4	2,8	1,5	1	1	2	3
Kaablid kanalita paigutamisel	0,6*	0,5	3,25	2,8	1,5	1	1**	5***	10
Kanalid, tehnovõrgu tunnelid	2	1,5	4	2,8	1,5	1	1	2	3

Tabel 3.2 Tehnovõrkudevahelised horisontaalkujud rööpkulgemisel [16]

Tehnovõrgu liik	Kaugus püstsüunas kuni (m)						
	veetoru ja survekanalisatsioonini	isevoolse kanalisatsioonini	gaasitoruni		kaugkütetoruni	elektrikaablini	sidekaablini
			teras	PE			
Veetoru ja survekanalisatsioon	0,10	0,10	0,15	0,15	0,20	0,30 (0,20 ²⁾)	0,30 (0,20 ²⁾)
Isevoolne kanalisatsioon	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,30 (0,20 ²⁾)	0,30 (0,20 ²⁾)
Gaasitoru ¹⁾ : teras	0,15	0,20	0,10	0,10	0,20	0,30 ³⁾	0,30
polüetüleen (PE)	0,15	0,20	0,10	0,10	0,30 (0,10 ⁴⁾)	0,30 ³⁾ (0,10 ⁵⁾)	0,10
Kaugküte	0,20	0,20	0,20	0,30 (0,10 ⁴⁾)	6)	0,20	0,20
Elektrikaabel: alla 1kV	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20 ¹⁰⁾	0,20 ¹⁰⁾
1 kV kuni 35 kV	0,30 (0,20 ²⁾)	0,30 (0,20 ²⁾)	0,30	0,30 ³⁾ (0,10 ⁵⁾)	0,20	0,30 ¹⁰⁾	0,30 ¹⁰⁾
110 kV	0,60 ⁷⁾	0,60	0,50 ⁸⁾	0,50 ⁸⁾	0,60 ⁹⁾	0,30*	0,30*
Sidekaabel	0,30 (0,20 ²⁾)	0,30 (0,20 ²⁾)	0,30	0,10	0,20	0,20 kuni 0,30	0,05

Tabel 3.3 Tehnovõrkudevahelised püstkojad nende lõikumisel [16]

Tehnovõrgu liik	Kaugus (puhas vahe) horisontaalsuunas tehnovõrkude välispindade vahel (m)							
	veetoru ja survekanalisatsioonini	isevoolse kanalisatsioonini ja dreenažini	gaasitoru survega (bar)		elektrikaablini	sidekaablini	kaugkütetoruni	kanali, tehnovõrgu tunnelini
			≤ 5	5 kuni 16				
Veetoru ja survekanalisatsioon	0,2	0,2****	0,5	0,5	1	0,5	1	1,5
Isevoolne kanalisatsioon ja dreenaž	0,2****	0,4	1	1,5	1	0,5	1	1
Gaasitoru survega: ≤ 5 bar	0,5	1	0,3	0,3	1	0,5	1	1
5 bar kuni 16 bar	0,5	1,5	0,3	0,3	1	0,5	1	1,5
Elektrikaabel: kuni 35 kV	1	1	1	1	0,2 kuni 0,5*	0,25 kuni 0,5	2**	2
110 kV	1	1	1	1	1***	1	2	2
Sidekaabel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25 kuni 0,5	-	0,3	1
Kaugküte	1	1	1	1	2**	0,3	-	2
Kanal, tehnovõrgu tunnel	1,5	1	1	1,5	2	1	2	-

Välisvõrgu plaani koostamisel tuleb suhelda paljude erinevate osapooltega. Tuleb küsida tehnilised tingimused elektrivõrguga liitumiseks ning selgitada välja olemasolev olukord planeeringualal. Tänavavalgustust puudutavates küsimustes tuleb pöörduda antud piirkonnas tänavavalgustust haldava ettevõtte poole. Lisaks tuleb arvestada tellija soove näiteks mänguväljakute, parklate ja prügimajade valgustuse osas. Lõpuks tuleb koostöös teiste eriosade projekterijatega välja töötada võimalikult optimaalne trasside paigutus. Kuna kaevamine on küllaltki kallid töö, siis on otstarbekas koondada võimalikult palju kaableid ühte trassi paralleelselt. Kui pingekaoga probleeme ei ole, siis on enamasti põhjendatud ka trassi pikema kulgemisega planeering, kui see võimaldab vähendada kaevetööde mahtu. Mõne meetri kaabli kokkuhoiu maksumus võrreldes kaevetöödega on tühine.



Joonis 3.1 Fragment tehnovõrkude koondplaani

3.1. Liitumiskaabli valik

Välise toitevõrgu projekteerimine ja kaabli valik peaks toimuma paralleelselt hoonesiseste magistraalliinide ja struktuurskeemi projekteerimisega. Magistraalliinide dimensioneerimisel tuleb arvestada, et valitavatele juhile kestvalt lubatud vool oleks suurem, kui projekteeritavas paigaldises teda läbiv maksimaalne koormusvool. Samas ei ole majanduslikult otstarbekas liine üledimensioneerida. EEI 3 jaotise 520 järgi ei tohi maja liitumispunktist elektritarvitini tekkiv pingekadu juhistikus ületada kokku 4% ($\Delta U \leq 4\%$), sealjuures on soovitatav, et see oleks peajuhistikus 0,5 kuni 1% ning arvestist tarvitini 2 kuni 3%. [17] Seda on väga mugav arvutada vabavaralise tarkvara Lühisvoolud 3 abil. See võimaldab jaotada toiteliini erinevate koormuste, kaablite ja kaitselülititega osadeks ning arvutab automaatselt liinis tekkiva pingekao, 1-faasilise ja 3-faasilise lühisvoolu ning kontrollib ühtlasi ka valitud kaitseseadmete rakendumist. Eelnevalt tuleb sisestada ka toitetrafo tüüp, mille kohta saab infot jaotusvõrgu ettevõttelt. Taolise tarkvara kasutamine võimaldab mugavalt koostada elektrivõrgu struktuurskeemi ning valida sobivad kaablid ja ka kaitseseadmed. Maakaabliks sobib hästi neljasooneline alumiiniumjuhtmetega AXPK 1kV jõukaabel, mida pakutakse soone ristlõikega vahemikus 16mm² kuni 300 mm². [18]

The screenshot shows a software window titled "Lühisvoolud 3" with a menu bar (Fail, Vahendid, Filtrid, Kaardid, Abi) and a toolbar. The main area is divided into several sections:

- Projekti üldandmed:**
 - Võrgu ja trafo andmed:**
 - Võrgu parameetrid: ...
 - Trafo faasipinge [V]: 230
 - Näivtakistus [oomi]: 0,0161
 - Radio buttons: Sisesta mõõdetud takistus käsitsi, Vali trafo tüüpide hulgast
 - Trafo tüüp: 630 kVA 10/0,4 kV Dyn Geafol 6'
 - Trafo nimivool (sekundaar): 909 A
 - Trafo nimivool (primaar): 34,64 A
 - U_{kr}: 6%
 - Fiidrikaitse: -Valimata-
 - Liinilõikude andmed:**
 - Märkmik:**
- Table:**

	Liinilõigu pikkus [m]	Juhi mark	Vool liinis [A]	Kaitseseade liinilõigu lõpus	dU [%]
1	125	AXPK-4X240	152,5	-Valimata-	dU1= 1,79
2	20	AXPK-4X240	152,5	C160 A	dU2= 2
3	40	AMCMK-3x120Al/41Cu	122,0	C25 A	dU3= 2,6
4	15	PPJ/NYM/NYY 6	18,31	C16 A	dU4= 2,98
5	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	dU5= 2,98
6	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	dU6= 2,98
7	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	dU7= 2,98
8	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	dU8= 2,98
9	0	-Vali juht-	0	-Valimata-	dU9= 2,98
- Summary Statistics:**

1f lühisvool liini lõpus [A]	1215,22	C-tunnusjoonega kaitselüüti	C100 A	Reguleeritava fiidrikaitse max	-
3f lühisvool liini lõpus [A]	2792,46	B-tunnusjoonega kaitselüüti	-	lubatud lühisvoolukordsus Im	-
Lühisvõimsus liini lõpus [kVA]	1926,8	gG tüüpi sular	gG160A	EEE järgne max lubatud	404 A
Pingekadu	3 %	Liinilõigu kogupikkus	200 m	fiidrikaitse (3xIn<Ik)	

Joonis 3.2 Väljavõte tarkvarast Lühisvoolud 3

Paepargi 43 korterelamu toiteks projekteerib ja ehitab Elektrilevi 0,4kV kaabelliin kaabliga AXPK 4G240 alajaamast 6278:(Lasnamäe) kuni liitumispunktini ning paigaldab liitumiskilbi koos mõõtesüsteemi ja liitumispunkti kaitsmega. Antud liinilõigu pikkus on 125m. Nimetatud alajaamas on 630kVA 10/0,4 kV trafo. Kui elektrivõrguga liitumiseks olemasoleva trafo võimsusest ei piisa tuleb jaotusvõrgu ettevõttel olemasolev trafo võimsama vastu välja vahetada. Antud juhul sellist vajadust ei ole. Liitumispunktist hoone peajaotuskilbini on projekteeritud 20m pikkune lõik samuti kaabliga AXPK 4G240. Hoone korruseid läbivasse kaablišahti on projekteeritud 40m AMCMK 3x120Al/41Cu kaabel kõige kõrgema korruse korrusekilbini. Korrusekilpidest korterikilpidesse on projekteeritud XPJ 4G6 tüüpi kaabel. Sellisele lahendusele vastav pingekadu kõige kõrgema koruse korterikilbis on 3,0% ning 3-faasiline lühisvool 2,8 kA ning 1-faasiline lühisvool 1,2 kA. Samuti on tagatud valitud kaitseaparatuuride rakendumine. Vastavad tulemused on saadud Lühisvoolud 3 arvutustarkvara abil ning seda iseloomustab joonis 3.2. Hoonesisese elektrijaotusvõrgu projekteerimist käsitletakse täpsemalt 4. peatükis. Välis- ja sisevõrgu projekteerimine toimuvadki sageli paralleelselt, järk-järgult täpsustudes.

3.2. Juhistikusüsteemi valik

Juhistikusüsteemide tähistes (TN, TT, IT) tähendab esimene täht:

T – juhistik on toitetrafo neutraalpunkti kaudu jäigalt (kohtkindlalt) maandatud;

I – juhistiku kõik tööjuhid on maast isoleeritud.

Teine täht tähistes näitab elektripaigaldiste pingeltiste osade maandamisviisi:

N – seadme kere (kesta) ühendamine kaitsejuhi (PE) kaudu võrgu toitetrafo neutraalpunkti üldmaandusega;

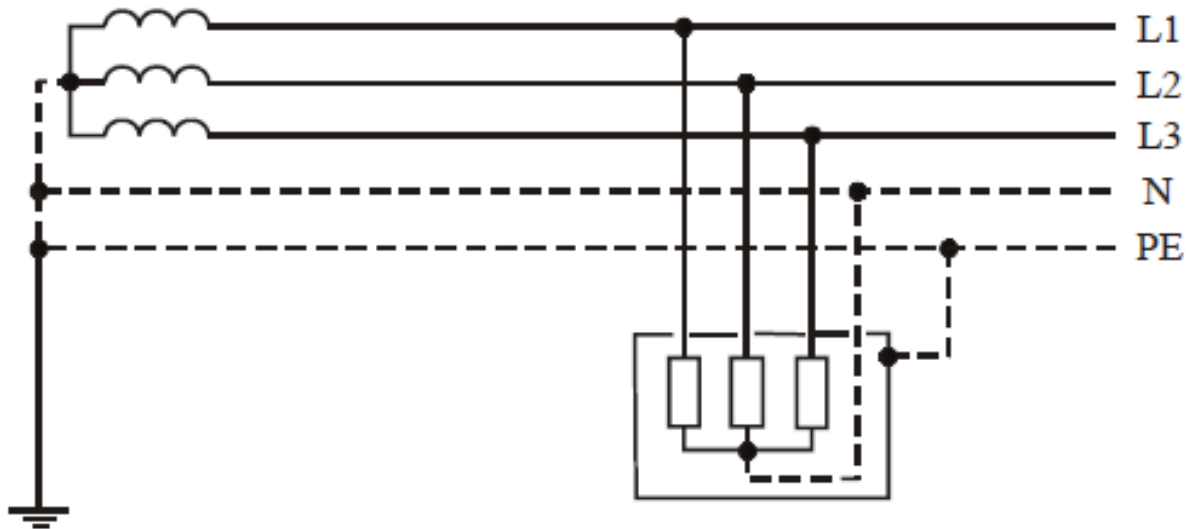
T – seadme kere kohalik maandamine.

Juhistiku tähistes olev kolmas täht tähendab:

S – neutraaljuht (N) ja kaitsejuht (PE) on teineteisest eraldatud ja ühendatakse kokku võrgu toiteallika maanduse juures;

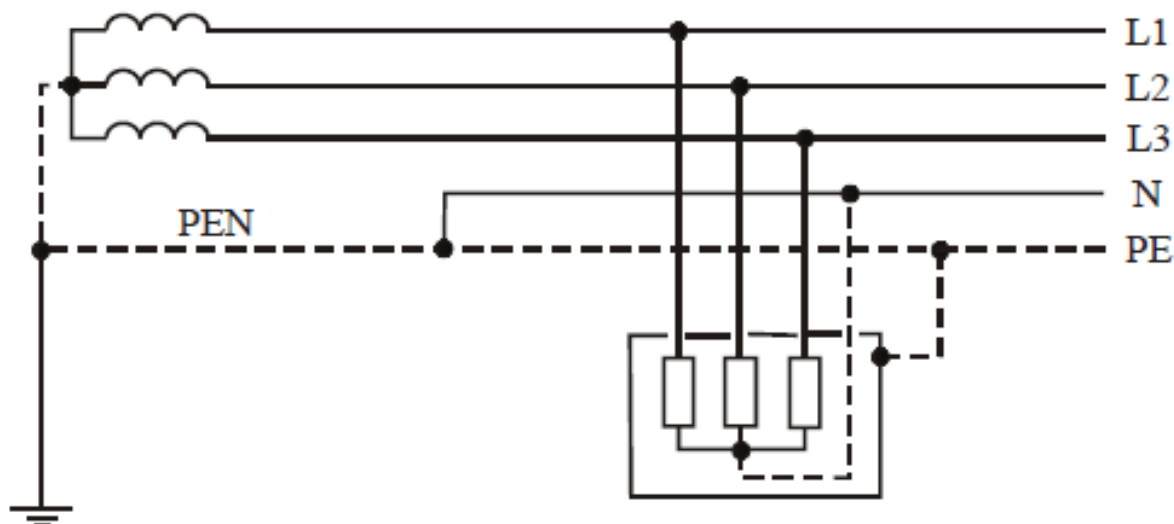
C – kaitse- ja neutraaljuhi ülesandeid täidab kogu võrgu ulatuses ühitatud PEN-juht. [17]

Hoonesisestes võrkudes kasutatakse tänapäeval TN-S süsteemi. Sel juhul ei mõjuta neutraaljuhi vool ega pingelang mingil määral juhistikust toidetava aparatuuri talitlust. Rikkevoolukaitse ja liigpingekaitse rakendamine ei tekita probleeme. [19]



Joonis 3.3 TN-S juhistik [19]

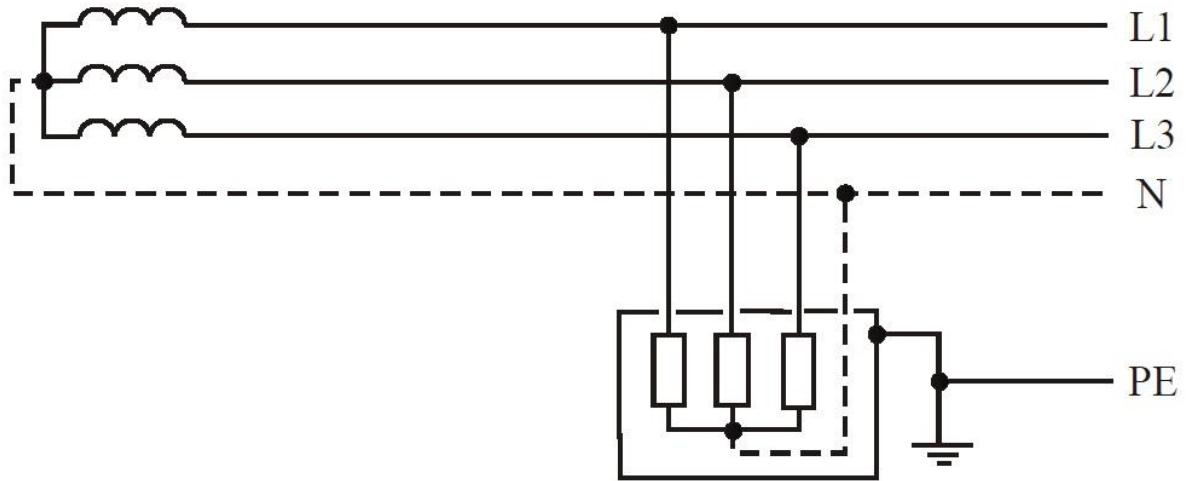
Kui alajaamast väljuvas jaotusvõrgus on neutraal- ja kaitsejuht kokku ühendatud ehk juhistik on ehitatud TN-C süsteemina, tuleb neutraal- ja kaitsejuht hoonesiseses osas ikkagi eraldada ja tekib TN-C-S süsteem. TN-C juhistik on lihtne ja odav, kuid pole võimalik kasutada rikkevoolukaitseülililit, kuna see eeldab, et kaitsejuht on tööjuhtidest eraldatud ja rakenduksid TN-C süsteemis juba normaaltalitusel. [17]



Joonis 3.4 TN-C-S juhistik [19]

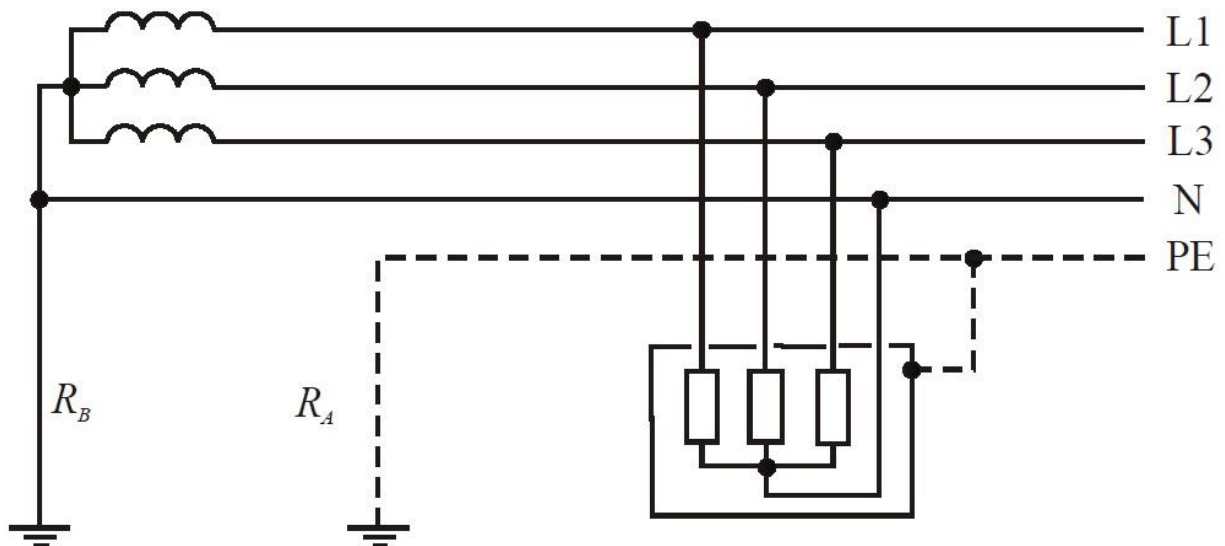
On olemas veel juhistikusüsteeme, mida on varasemalt kasutatud, kuid mida tänapäeval enam hoonetesse ei projekteerita. Nendest tuntumad on IT ja TT süsteemid.

IT juhistik on vanim juhistikusüsteem, mis on enamasti täielikult maast isoleeritud, kuid liigpingete ja pingevõnkumiste vähendamiseks võidakse kasutada ka neutraali või (kui neutraal ei ole kättesaadav) ühe faasijuhiga maandamist üle suure takisti. IT-süsteem soovitatakse kujundada kolmejuhilisena, kuid see võib olla ka neljajuhiline (neutraaljuhiga). Eestis on IT-juhistik kasutusel mõnes vanemas madalpingevõrgus neutraaljuhita ($3 \times 220 \text{ V}$) ja maast isoleerituna. ITjuhistikust toidetavate elektritarvitite kereid võib maandada igaüht eraldi, grupiviisiliselt või kogu paigaldise jaoks ühise kaitsejuhi kaudu. Kindlaim ja levinuim on viimane variant. IT-juhistiku põhieelis TT- ja TN-juhistike ees seisneb selles, et ühe faasi maa- või kereühenduse korral on maaühendusvool määratud teiste faaside mahtuvusega maa suhtes ja jääb mõne kuni mõnesaja milliamperi piiridesse. Selline vool ei häiri enamasti elektritarvitite talitlust ega nõua seetõttu ka kahjustatud liini või tarviti viivitamatut väljalülitamist. See suurendab elektrivarustuse töökindlust. [19]



Joonis 3.5 IT-juhistik [19]

TT juhistikus on neutraaljuht toiteallika juures maandatud, kuid seda ei kasutata kaitsejuhina. Tegemist on talitusmaandusega, mis peab tagama, et faasijuhtide pinge maa suhtes nii normaaltalitusel kui rikete korral ei oleks üle faasipinge. Kui toiteallika neutraal ei ole kättesaadav, võidakse selle asemel maandada üks faasijuhtidest. TT-juhistikus on maaühendusvool sedavõrd väike, et liigvoolukaitse enamasti ei rakendu. Kui näiteks talitusmaanduse takistus on 100Ω , ei saa maaühendusvool kuidagi tõusta üle 5 A. Seetõttu tuleb lisaks liigvoolukaitsele kasutada rikkevoolukaitseülililit, mille nimirakendusvoolu (enamasti 30...500 mA) võib valida kaitsemaandustakistuse järgi. [19]



Joonis 3.6 TT-juhistik [19]

3.3. Välisvalgustuse projekteerimine

Sageli on koos hoone elektrivõrguga projekteerida ka näiteks hoone juurde rajatava parkla, mänguväljakute, juurdepääsuteede ja muude alade valgustus. Kaablite valiku ja maasse paigalduse puhul kehtivad juba eelmainitud põhimõtted, kuid lisandub valgustite ning nende paigutuse määramine, et tagada normikohased valgustusnõuded. Valgustimasti enamlevinud kõrgused on jalgteel 3...6 m ja tänaval 6...12 m. Seejuures tuleb mast paigutada parklas vähemalt 0,75m kaugusele parkimiskoha servast, kõnniteel ja jalgrajal 0,25 m, kergliiklus ja jalgrattateel 0,5m, kohalikul jaotustänaval 0,5m kaugusele äärekivist. [16] Valgusarvutusnõuete täitmist on otstarbekas kontrollida mõne automaatse arvutusprogrammiga, näiteks DIALux või Relux. Nendes on võimalik määrata valgustatav piirkond ning paigutada sinna valgustid, määrata neile paigalduskõrgus, kaldenurk ja hooldetegur, mis võtab arvesse valgusti valgusviljakuse vähenemist aja jooksul. Valgustite kohta on tarvis eelnevalt hankida valgusarvutusfail, mille üldjuhul leiab valgustitootjate või edasimüüjate kodulehekülgedelt. Vastava faili koostab valgustitootja iga valgusti tüübi kohta eraldi, mis imiteerib virtuaalselt tegeliku valgusti valgustehnilisi omadusi. Programmi väljundist on võimalik näha kõiki standardites välja toodud parameetreid valitud arvutuspinna kohta. Järgnevalt on kirjeldatud neist olulisemaid.

Tabel 3.4 Parklate valgustusnõuded [20]

Piirkond, töö või tegevus	E_m, lx	R_{GL}	U_o
Kergliiklus, nt kaupluste, ridamajade ja elamute parkimisalad; jalgrattaparklad.	5	55	0,25
Keskmine liiklus, nt kaubamajade, kontorihoonete, tehaste, spordirajatiste ja mitmeotstarbeliste hoonete parklad.	10	50	0,25
Tihe liiklus, nt suurkaubamajade, suurte spordirajatiste ja mitmeotstarbeliste hoonekomplekside parklad.	20	50	0,25

E_m – keskmine valgustihedus vaadeldaval alal (lx)

R_{GL} – räägus (ühikuta)

U_0 – valgustiheduse ühtlus (ühikuta)

Valgustihedus E_m näitab pinna ühikule langevat valgusvoogu ja mõõdetakse luxides. Luumen on konkreetset valgustit iseloomustav suurus, mis näitab, kui suure valgusvoo valgusti välja annab.

$$lx = \frac{lm}{m^2} \quad (3.1)$$

Suurema valgusvoo saavutamiseks tuleb reeglina kasutada ka suurema võimsusega valgusteid või asendada traditsioonilised naatriumlahenduslambid efektiivsemate LED valgustitega, mille poole üldiselt liigutakse. Mõnikord esitab tellija omapoolse nõude kasutatavate valgustite efektiivsusele ehk minimaalse lubatud luumenite hulga ühe võimsusühiku kohta. LED valgustite puhul võib heaks lugeda efektiivsuse 100 lm/W ja üle selle.

Suurus U_0 näitab valgustiheduse ühtlust ning seda arvutatakse järgneva valemiga:

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_m} \quad (3.2)$$

E_{\min} – minimaalne valgustihedus vaadeldaval alal (lx)

E_m – keskmine valgustihedus vaadeldaval alal (lx)

Ühtlust parandab kõrgema valgustimasti kasutamine, kuid samal ajal väheneb maapinnale langev valgusvoog. Seepärast on parklates otstarbekas kasutada võimalikult laia valgusjaotusega valgusteid.

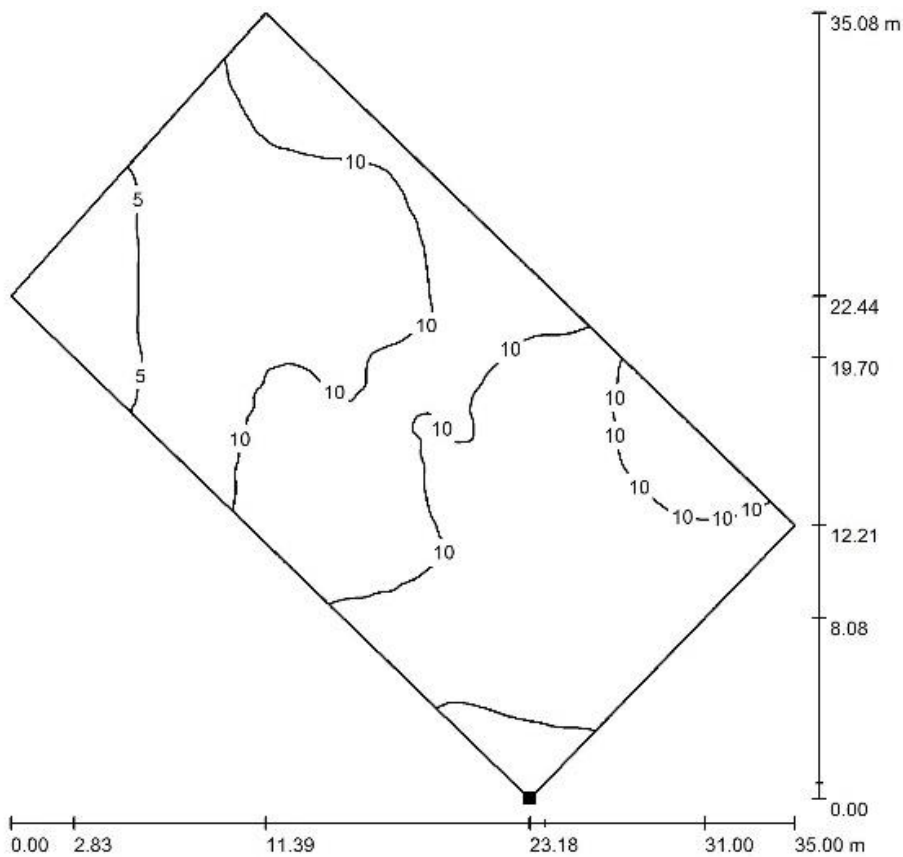
Räigus näitab, kui võrd valgustus vaatlejat pimestab. Suurem R_{GL} väärtus tähistab suuremat räigust. See sõltub peamiselt valgustist ning vaatleja asukohast valgusti suhtes. Valgusarvutuses on otstarbekas valida R_{GL} hindamiseks peamised ala, kus inimesed viibivad ja nende vaatlussuunad, mis üldjuhul on maaga paralleelsed või pigem alla suunatud. Otse valgustisse vaadates pole ühegi valgusti puhul võimalik UGR nõudeid täita.

Lisaks on valgustite puhul oluline nende temperatuurivärvus. Alla 3300K loetakse värvus soevalgeks, 3300...5300K neutraalvalge ja üle 5300K päevavalgusvalgeks ehk külmaks valguseks. Valguse värvi valik on peaaesjalikult psühholoogia ja esteetika küsimus ning sõltub sellest, mida lugeda loomulikuks. [21] Joonisel 3.7 on näitlikustamiseks toodud erinevad valgustemperatuuri värvused vahemikus 2000-5000K.



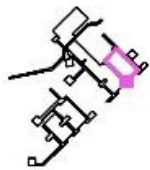
Joonis 3.7 Valgustemperatuur vahemikus 2000...5000 K

Parklate või tänavate projekteerimisel on otstarbekas kasutada antud piirkonnas olemasolevate valgustitega sarnast tooni. Kõiki antud peatükis kirjeldatud suurusi võimaldab mõõta näiteks eelmainitud arvutiprogramm Dialux. Joonisel 3.8 on toodud Paepargi 43 hoone juurde planeeritava parkimisplatsi valgustusparameetrid Dialuxi väljastusformaadis. Lisaks isoliinidele on võimalik tulemusi vaadata ka tabelina või värvilise pildina, kus erineva värviga pinnale vastab erinev valgustihedus.



Väärtused Lux, Mõõtkava 1 : 275

Pinna asukoht välisrõõm:
 Markeeritud punkt: (911.582 m,
 217.695 m, 0.000 m)



Raster: 128 x 128 punkti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
8.64	2.21	14	0.255	0.162

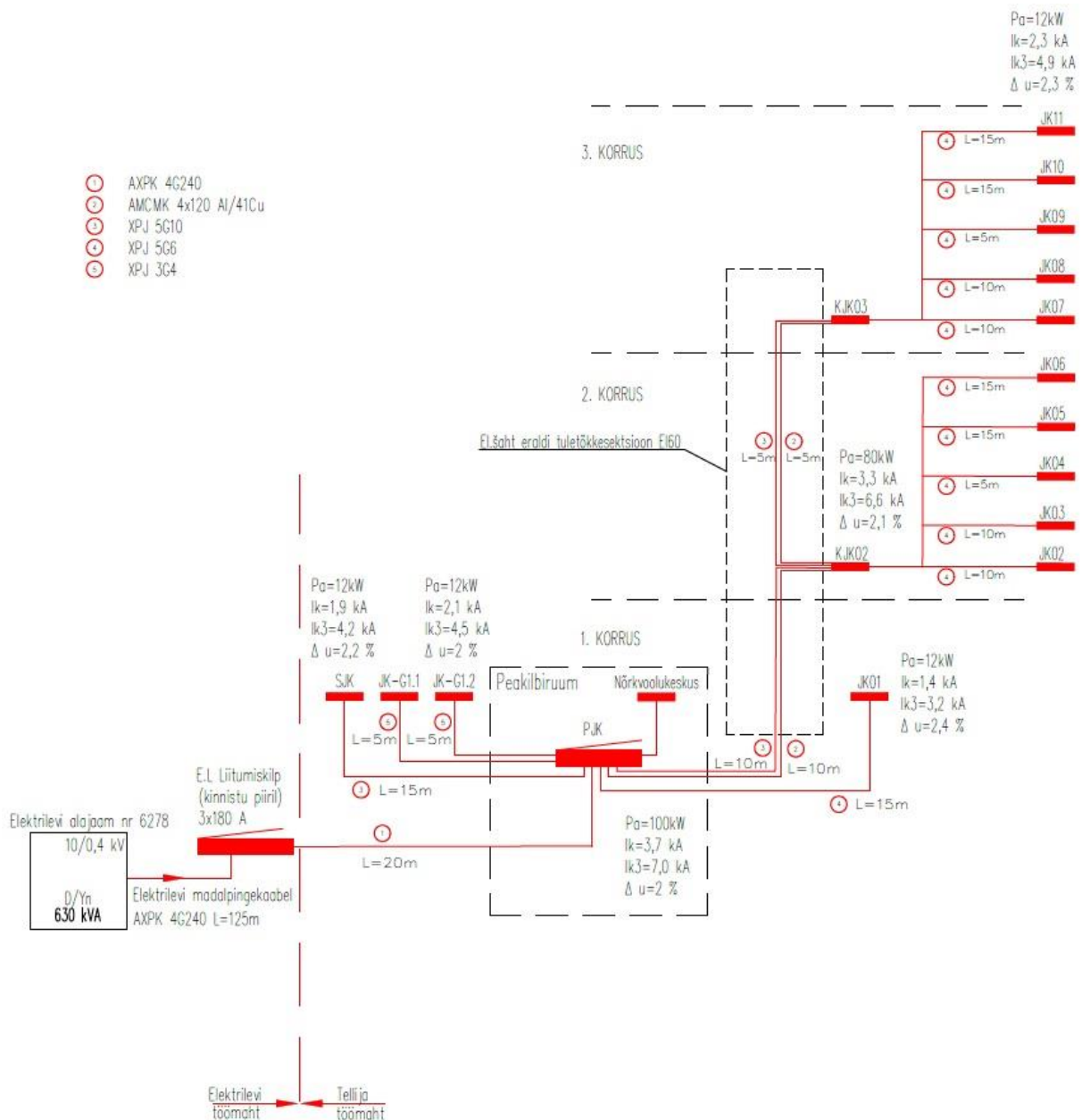
Joonis 3.8 Väljavõte Dialuxi tulemustest

Välisvalgustuse juhtimine teostatakse enamasti hämaraanduri abil, mis valgustuse pimeduse saabudes automaatselt sisse lülitab ning hommikuvalguse saabudes uuesti välja lülitab. Hämaralüliteid saab enamasti seadistada vastavalt kasutaja soovidele, see tähendab, et on võimalik määrata erinevaid valgustugevuse astmeid, mille pealt lülitamine toimub. Välisvalgustuse toide võetakse enamasti otse hoone peakilbist ning peakilpi jäetakse sageli võimalus ka valgustuse käsitsijuhtimiseks.

4. Tugevvoolupaigaldise projekteerimine

Hoone peakilp toidab kõiki alamkilpe, kuid sealt võib võtta ka toited otse üldtarbijatele (ventilatsioon, soojussõlm, veevarustuse pumbad, üldalade valgustus). Mõnel juhul on otstarbekas hoone üldtarbijate jaoks seada üles eraldiseisev jaotuskilp. Seda peaks kaaluma näiteks siis, kui peakilbiruum ja hoone muud tehnosüsteemide keskused asuvad eraldi ruumides, mis asuvad teineteisest kaugel. Tavaliselt on igal korrusel korrusekilp, mis toidab kõikides antud korrusel paiknevates korterites asuvaid korterikilpe, millest saavad toite juba korteris paiknevad tarvitid ja pistikupesad. Väiksemates majades, kus on vähem kortereid, võivad korterite kilbid saada ka toite otse peakilbist, kuid see tähendab, et kaablišahtis on suurem hulk kaableid. Elektriarvestid võivad paikneda korrusekilpides või ka tsentraalselt peakilbis. Arvesteid on põhimõtteliselt kahte tüüpi. Üks variant on kasutada väikeseid DIN-liistule paigaldatavaid moodulelektriarvesteid, mille näidud on võimalik koguda hoone automaatikasüsteemi kaudu tsentraalselt kokku. Teine variant on kasutada suuremate mõõtmetega Elektrilevi kaugloetavaid arvesteid, mis eeldab spetsiaalsete kinnitustega ja suuremate mõõtmetega elektrikilpi. Arvestite valiku üle otsustab üldjuhul tellija.

Kõikide kilpide juures tuleb kontrollida pingekadu ja lühisvoolusid. Kõige kriitilisemad on peajaotuskeskusest kõige kaugemal asuvad jaotuskeskused. Lühisvoolud peavad olema piisavalt suured, et kaitseseadmed rakenduksid. Pingekadu ei tohi tarbija lõpppunktis olla üle 4%. Antud nõuete täitmiseks tuleb üldjuhul minimeerida kaablite takistust. Selleks on põhimõtteliselt kolm meetodit. Esiteks tuleb minimeerida kaablite pikkus, viies toide tarbijateni võimalikult otse. Teine võimalus on kasutada jämedamaid kaableid. Kolmas võimalus on kasutada väiksema eritakistusega juhti, mis praktikas tähendab vaskkaabli valimist alumiiniumkaabli asemel. Vastavad andmed on kasulik kanda ka hoone elektrivarustuse struktuurskeemile ja iga kilbi skeemile tema kohta käivad vastavad andmed. Arvutusprotsessi ja vastavat tarkvara on kirjeldatud juba peatükis 3.1.



Joonis 4.1 Hoone elektrivõrgu struktuuri näide

4.1. Jaotuskeskused

Jaotuskeskused alates pealülitist 250A ja väiksemad peavad olema ehitatud nii, et nendes võiks lülitusi teostada tavaisikud. Sisejaotuskilpide IK klass ehk vastupidavus mehaanilistele mõjutustele peab olema vähemalt IK05 ja välisjaotuskilpidel IK07. [22] Kilbi nimesildile tuleb kanda kooste tootja, tüübitähis, valmistamise kuupäev ja alusstandard. Heaks tavaks on kanda nimesildile ka kooste nimipinge, vooluliik ja vahelduvvoolu korral sagedus, juhistikusüsteem.

Kui kooste tootja ja kasutaja vahel pole kokku lepitud teisiti, peab kolmefaasilise neutraaljuhti sisaldava ahela neutraaljuhi ristlõike olema vähemalt järgmine:

- kuni 16 mm² ristlõikega faasijuhtide korral 100 % faasijuhi ristlõikest,
- üle 16 mm² ristlõikega faasijuhtide korral 50 % faasijuhi ristlõikest, kuid mitte alla 16 mm².

Eeldatakse, et neutraaljuhi vool on faasijuhi voolust alla 50 %. Kooste kõik ahelad peavad olema võimelised taluma ajutisi liigpingeid ja transientliigpingeid. Sisseehitatud lühisekaitseaparaadiga koostete puhul peab kooste tootja ette andma arvutusliku lühisvoolu maksimaalselt lubatava väärtuse kooste sisendklemmidel. [23] Praktikas toimub see nii, et projekteerija arvutab iga kilbi jaoks maksimaalse lühisvoolu ning annab need andmed koos kilbiskeemidega kilbitootjale, kes peab tagama iga kilbi vajaliku lühisvoolutaluvuse.

Elektrikilpide projekteerimisel tuleb tagada, et kilp koos sinna projekteeritud seadmetega ka planeeritud asukohta ära mahub. Üldjuhul annab projekteerija iga kilbi jaoks ette maksimummõõtmed, mille järgi kilp valmistada tuleb. Kui on oht, et seadmed planeeritud suurusega kilpi ära ei mahu, on kilbi mõõtmeid kasulik küsida kilbitootjalt. Enamasti oskavad nad kilbiskeemi põhjal hinnata minimaalset kilbi suurust. Elektripaigalduse tulevase laiendamise võimaldamiseks jäetakse tavaliselt igasse kilpi paar erinevat kaitselülitiit ning ca 20% reservruumi.

Iga projekteeritava elektrikilbi juurde käib seda iseloomustav kilbiskeem. Selle järgi valmistatakse ja komplekteeritakse vastav kilp ning koostatud skeem pannakse hoone valmimisel ka kilpide juurde kaasa, et tulevikus oleks kilbis tööde tegemisel selle sisust võimalik kiiresti hea ettekujutuse saada.

Kilbiskeemile märgitakse kõik kilpi sisenevad ja sealt väljuvad liinid koos kaitse, lülitus ja indikaatorelementidega. Igal grupil peab olema kasutatava kaitseaparaadi tähis, kaabli mark ja ristlõike ning grupi lühikirjeldus ja tähis. Kui on teada grupi tarvitite võimsus (nt konkreetseid seadmeid nagu pliit, valgustus või ventilatsiooniagregaat toitvad grupid), märgitakse ka see kilbiskeemile.

Skeem	Grupi nr.	Skeemi nr.	Tarbija nimetus	kW	In/v	Kaabeldus
	M		Tarite sisestus peajaotuskeskusest PJK	25		XPJ 5G6
	Q1		Pealüüti 3x32A			
	1		Ei piirit		C16	XPJ 5G2,5
	2		Vent.agregaat	1.14	C10	XPJ 3G2,5
	3		Valgustus		B10	XPJ 3G1,5
	4		Rõikevoolukaitselüüti 30mA, 4P, 40A			
	5		Külmikapp	1	C16	XPJ 3G2,5
	6		Nõudepesumasin	2.1	C16	XPJ 3G2,5
	7		Köögi tööpinna pistikupesad		C16	XPJ 3G2,5
	8		Pistikupesad (elutuba ja esik)		C16	XPJ 3G2,5
	9		Pistikupesad (magamistoad)		C16	XPJ 3G2,5
	10		Pistikupesad (magamistoad)		C16	XPJ 3G2,5
			Rõikevoolukaitselüüti 30mA, 4P, 40A			
	11		Pistikupesad vannitoas (pesumasin)	2.1	C16	XPJ 3G2,5
	12		Pistikupesad ja valgustus rõdul		C10	XPJ 3G2,5
	13		Vannitoa valgustus	0.3	B10	XPJ 3G1,5
14		Põrandakütte kollektor		B10	XPJ 3G1,5	
15		Köögikubu		C10	XPJ 3G1,5	
16		Reserv		B10		

Joonis 4.2 Kilbiskeemi fragmendi näide

Lisaks skemaatilisele osale märgitakse kilbiskeemis ära ka muud kilbi üldandmed nagu näiteks:

- Nimipinge
- Pingekadu
- Sagedus
- Nimivool
- Juhistikusüsteem
- Installeeritud ja arvutuslik võimsus

- Võimsustegur
- Paigaldusviis
- Mõõtemed
- IP ja IK kaitseastmed

4.2. Juhtide ristlõigete määramine

Juhi ristlõike määramiseks on esmalt tarvitite võimsuse järgi tarvis arvutada ahelas tekkiv koormusvool. Sõltuvalt tarbijate iseloomust on arvutusvalemid erinevad. [17]

$$I = \frac{P}{U} \quad (\text{valgustuse ja kuumutusseadmete puhul}) \quad (4.1)$$

$$I_1 = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{väiksemate 1-faasiliste el. mootorite ja trafode olemasolul}) \quad (4.2)$$

$$I_3 = \frac{P}{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{3-faasiliste tarvitite puhul}) \quad (4.3)$$

Näiteks 3,5 kW võimsusega elektripliidi toiteahela koormusvool on 230V toitepinge korral 15,2A ja ahela kaitseks tuleb kasutada 16A nimivooluga kaitseseadet.

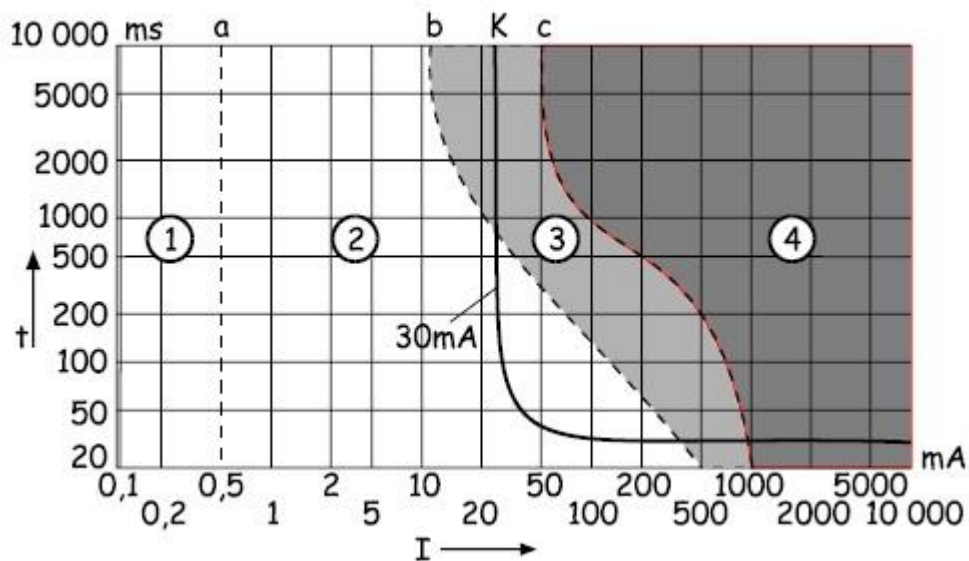
Vastavalt ahela koormusvoolule tuleb valida ka sobiva ristlõikega elektrijuht. Kestvalt lubatavate voolude väärtused sõltuvad juhi ristlõikest ning selle jahutustingimustest, mis praktikas tähendab erinevat paigaldusviisi. Vastavalt Soome standardile SFS 6000 on kaablite paigaldusviisid järgmised: süvistatud (paigaldusviis A), pinnal (paigaldusviis C), pinnases (paigaldusviis D) ja vabalt õhus rippuv (paigaldusviis E). Nendekohased lubatud voolud on toodud tabelis 4.2.1 Väärtused on toodud PVC-isolatsiooniga kolmefaasilistele ahelatele, mistõttu võib neid kasutada ka ühefaasilistele ahelatele ja PEX-isolatsiooniga kaablitele. [15] Kaablitootjad võivad pakkuda oma kaablitele mõnevõrra erinevaid lubatud suurusi.

Tabel 4.1 Juhtmete kestvalt lubatavad voolud amprites [15]

Juhtme ristlõikepindala (mm ²)	Paigaldusviisid vastavalt standardile SFS 6000			
	A	C	D	E
Vask				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiinium				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	224
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	259	372	430	404

4.3. Puutekaitse

Elektripaigaldiste projekteerimisel on oluline tagada paigaldise ohutus ning töökindlus. Kaitse elektrilöögi eest peab välistama kas ohtliku puutepinge tekkimise või selle püsijäämise või välistama pingestatud osade puudutamise võimaluse. Otsepuude on inimese või looma puutumine vastu elektriseadme pingestatud osi ja voolujuhte. Kaudpuude esineb siis, kui puudutatakse isolatsioonirikke tõttu voolu alla sattunud elektriseadme voolualteid osi (keret, kesta jne), olles samal ajal kokkupuutes maaga, st neutraaljuhiga, aga samuti kõrvalise juhtiva osaga, nagu vee- ja kütetorustikud, voolujuhtivad põrandad jms.



Joonis 4.3 Voolu toime inimesele [17]

Joonisel 4.3 on toodud 4 piirkonda vastavalt voolu mõjule inimsüdamele. I – inimese südant läbiv vool (mA), t – voolu kestus (ms); sirge a – tundlikkuse piir; kõver b – voolu ohutu kestuse piir; kõver c – eluohtlikkuse risk >50%; K – rikkevoolukaitseüliti (30 mA, 20 ms) rakendumistunnusjoon.

Piirkond 1 – voolu mõju pole tavaliselt tuntav;

Piirkond 2 – puudub füsioloogiliselt kahjulik mõju;

Piirkond 3 – lihaste krampid, hingamise häired, südamelihaste fibrillatsiooni oht;

Piirkond 4 – lihaste krampid, tõsised hingamise häired, südamelihaste fibrillatsioon (eluohtlik, kui ei saada abi); [17]

Üldjuhul loetakse ohutuks 10...20 mA vool. Voolu mõju oleneb voolu teekonnast läbi keha, kusjuures kõige ohtlikum on olukord, kus vool läbib südant. Selle, nn põhiisolatsiooni isolatsioonitakistus peab olema vähemalt 0,5 MΩ, et läbiv lekkevool jääks joonisel 4.3 toodud graafiku piirkonda 1.

Kaitse otsepuute eest tagatakse pingestatud osade isoleerimisega ning kaitsekatete ja kestade kasutamisega. Kaitse kaugpuute eest tagatakse kaitsemaandamisega, liigvoolukaitsega ja potentsiaaliühtlustusega.

4.4. Liigvoolukaitse

Kõik lülitusseadmed neelavad oma töö ajal vooluahelast energiat. Isegi lihtne mehaaniline lüliti neelab lahutamise ajal energiat elektrikaarest nii kaua kui kaar on olemas. Kui palju energiat suudab lüliti neelata ja ikka veel endiselt edasi talitleda, see sõltub lahutusvõimest (nimilahutusvoolust). Tavaline lüliti pole liigvoolu väljalülitamiseks mõeldud, kuid kaitselüliti kontaktid on just selleks ette nähtud. Kuivõrd liigvoolu tuvastamine on protsess, kus otsustatakse, kas juba lülitada välja või veel mitte, siis peab olema teada seadmes neelduda võiva energia lävi, mille juures aparaat veel suudab vallandada väljalülitusprotsessi. Termovabastiga lüliti puhul jõuab see lävi kätte siis, kui termoelemendis on salvestunud mingi kindel soojushulk. Elektromagnetilise vabastiga lülitis jõutakse selle läveni, kui liikuv ankur on magnetiliselt viidud teatavasse piirasendisse.

Termovabasti on mõeldud liigkoormuskaitseks, elektromagnetvabasti lühiskaitseks. Elektromagnetvabasti rakendumisvoolu järgi eristatakse B, C ja D rakendumistunnusjoonega liinikaitselüliteid.

B-tunnusjoonega kaitselülitid on mõeldud peamiselt elamuiseste liinide kaitseks, kus tarvititeks on valgustid, mitmesugused küttekehad ja teised väikese sisselülitusvooluga seadmed. Lüliti peab viivitamatult rakenduma 3...5-kordse nimivoolu juures. See tähendab, et vähem kui 3-kordse nimivoolu juures kaitse ei tohi rakenduda ning rohkem kui 5-kordse nimivoolu juures kaitse peab rakenduma. Vahepealsete väärtuste kohta nõuded puuduvad – selles vahemikus võib kaitse rakenduda, aga võib ka mitte rakenduda. See tähendab, et näiteks B10 kaitselüliti alla 30A voolu juures rakenduda ei tohi ning rakendumise tagamiseks peab lülitit läbiv lühisvool olema minimaalselt 50A. Suurema väärtuse puhul peab rakendumisaeg olema alla 0,1 sekundi.

C-tunnusjoonega kaitselülitid on mõeldud toiteliinide kaitseks kui seal esineb normaaltöölukorras suuri voolutõukeid (suurema sisselülitusvooluga tarviteid – luminofoorlampe, elektritööriistu jt.). Need peavad viivitamatult rakenduma 5...10-kordse nimivoolu juures. See tähendab, et näiteks C16 kaitselüliti rakendumise garanteerimiseks peab lülitit läbiv vool olema minimaalselt 16A ning alla 80A voolu juures kaitselüliti rakenduda ei tohi.

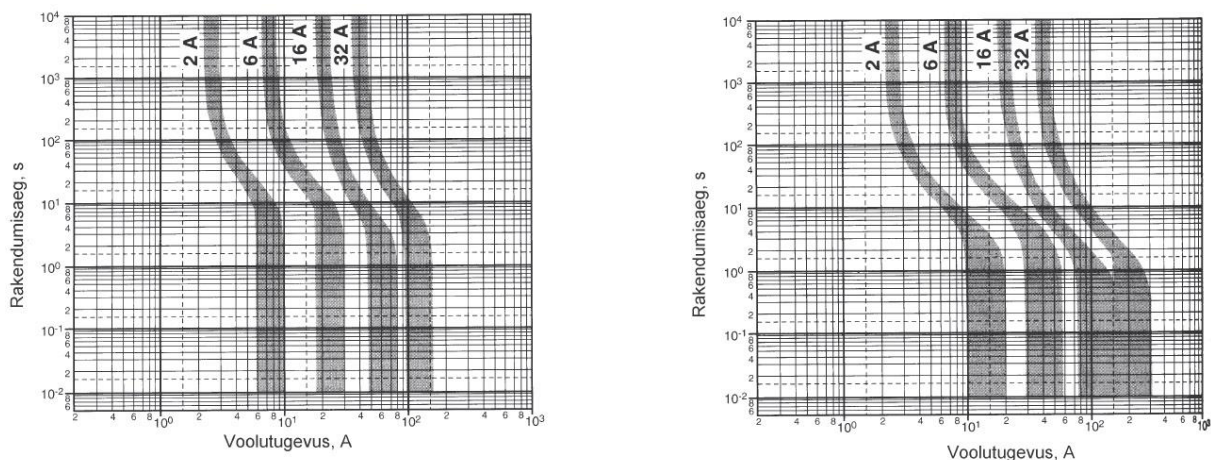
D-tunnusjoonega kaitselülitid peavad taluma kuni 10-kordset nimivoolu, 20-kordne nimivool peab olema lahutatud 0,1 sekundiga.

Mida pikem on ahel, seda suurem on kaabli takistus ning seda väiksem vool lühise korral tekib. Seega tuleb valitud kaitselülite rakendumist kontrollida näiteks Lühisvoolud 3 arvutitarkvara abil. Kui lühisvool sutub liiga väikeseks, et tagada kaitselüliti rakendumine, on olukorra parandamiseks mitu varianti:

- Kaabli ristlõike suurendamine vähendab kaabli takistust ning ahela lühisvool suureneb
- Väiksema eritakistusega kaabli kasutamine vähendab liini takistust ning lühisvool suureneb
- Liini pikkuse vähendamine vähendab samuti kaabli takistust ning ahela lühisvool suureneb
- Väiksema nimivooluga kaitselüliti kasutamine vähendab lüliti rakendumiseks vajaliku lühisvoolu suurust
- C karakteristikuga kaitselüliti asemel B karakteristikuga lüliti valimine vähendab rakendumiseks vajaliku lühisvoolu suurust kaks korda

Samas on tarvis teada ka kolmefaasilise lühisvoolu suurust veendumaks, et aparaat suudab lahutada maksimaalset lühisvoolu. Lühisetaluvus on voolutugevus, mida kaitseaparatuur peab suutma taluda ühe sekundi jooksul. Ka seda saab arvutada Lühisvoolud 3 tarkvara abil sisestades andmed ahela pikkuse ning selles kasutatavate seadmete kohta.

Termovabasti rakendumistunnusjoon on kõigil ühesugune ning peab tagama liinide kõrge eluea. 1,13 nimivoolu peab taluma üks tund, 1,45 nimivoolu tuleb lahutada vähem kui ühe tunniga.



Joonis 4.4 Liinikaitselülite B ja C rakendumistunnusjooned [24]

Kaitselülite valimisel tuleb arvestada, et kaitseautomaadi nimivool oleks väiksem kui kasutatava kaabli lubatud koormusvool. See tähendab, et kaitseautomaat peab rakenduma enne, kui liigvool elektrijuhti kahjustama hakkab. Seda iseloomustab IEC 60898 nõue, mida väljendab võrratus 4.4. [24]

$$I_b \leq I_z \leq I_n \quad (4.4)$$

I_b -vooluahela arvutuslik vool (A)

I_z -kaabli (juhi) lubatav kestevool (A)

I_n -kaitseparaadi nimivool (A)

Korterelamute pistikupesade kaabeldus on enamjaolt projekteeritud 2,5 mm² paigalduskaabliga XPJ 3G2,5. Kasutades tabelit 4.2.1 selgub, et nende kaitsmiseks tuleb kasutada 16 A nimivooluga kaitseautomaati. Valgustusliinid on tavaliselt projekteeritud 1,5 mm² paigalduskaabliga XPJ 3G1,5. Samast tabelist selgub, et nende kaitsmiseks tuleb kasutada 10 A nimivooluga kaitseautomaati.

On olemas ka K-rakendustunnusjoonega kaitselülid, mis täidavad korraga kaks vastakat nõuet: rakendub kiiresti lühise korral, kuid on võimeline taluma suuri voolutõukeid, eelkõige käivitusvoolu. Selline kaitselüliti sobib lühisrootoriga asünkroonmootori kaitseks, mille käivitusvool on vahemikus 4...8 kordne nimivool. Seda kasutatakse ka teiste suure voolutõukega seadmete, näiteks trafode ja akupatareide, kaitseks. Korterelamutes enamasti selliseid seadmeid ei ole.

Liinide kaitsmisel on oluline tagada kaitselülite selektiivsus. Kaitseseadmete selektiivsus tähendab, et kaitseparaat toimib ainult tema kaitsepiirkonnas esinevate liigkoormuste ja lühiste korral. Selektiivsus saavutatakse, kui tagapool (so tarvitile lähemal) paikneva kaitseparaadi rakendumistunnusjoon on eespool paikneva kaitseseadme tunnusjoonest allpool ja tunnusjooned ei lõiku eeldatavate liigvoolu väärtuste juures. Rakendumistunnusjooni võrreldes peab kasutama tagapool paikneva kaitseseadme ülemist tunnusjoont ja eespool paikneva kaitseseadme alumist tunnusjoont. [15]

Praktikas lahendatakse see nii, et elektritarviti poolsem kaitseseade valitakse väiksema rakendusvooluga (rakendub varem), kui toitepoolsem (rakendub hiljem).

Varem kasutati liigvoolukaitseks sulavkaitsmeid, mis on nüüdseks kaitselülite poolt suuresti kõrvale tõrjutud, kuid siiski täiesti kasutuskõlblikud. Sulavkaitsme suurim rakendumisvool

(vool, mille juures sulavkaitse kindlalt toimib, üldiselt ühe tunni jooksul) on suurem, kui 1,45 kordne sulavkaitsme nimivool. Seega ei või liigkoormuskaitset valida vahetult juhile lubatava voolu järgi, vaid dimensioonimisel peab kasutama valemit: [15]

$$K \cdot I_b \leq 1,45 \cdot I_z \quad (4.5)$$

I_n - kaitseaparaadi nimivool (A)

I_z - juhi kestvalt lubatav vool (A)

K - sulavkaitsmerakendumisvoolu ja nimivoolu suhe

Sulavkaitsmeid on põhiliselt 4 tüüpi:

gG - üldotstarbeline sulavkaitse, põhiliselt juhtide kaitseks

gM - mootoriahelate kaitseks

aM - lühiskaitseks mootoriahelas

aR – pooljuhtide kaitseks

g-tüüpi sulavkaitse lahutab vooluahela iga lahtusvõimest väiksema voolu korral, mis sulari läbi põletab. Seda nimetatakse ka täielikuks kaitsmeks (full range fuse), sest rakendub nii liigkoormusest kui lühisest.

Selektiivsuse saavutamiseks peab gG-tüüpi sulavkaitse kui $I_n > 16$ A olema temale järgnevast sulavkaitsmest 1,6 korda suurema nimivooluga (IEC 60269-2-1 nõue).

a-tüüpi sulavkaitse on mõeldud ainult lühisvoolu lahutamiseks. Seda nimetatakse ka osaliseks kaitseks (partial range fuse). a-tüüpi kaitse võimaldab enda taga kasutada väiksema lahtusvõimega kaitselüliti, kontaktorit või muud kaitseseadist. [14]

Tabel 4.2 gG tüüpi sulavkaitsmete rakendustunnussuurused [15]

Nimivool	Vähim rakendumisvool (sellest väiksemat voolu peab kaitse taluma)	Suurim rakendumisvool (kaitse peab rakenduma)	Rakendumisaeg
$I_n \leq 4$ A	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$	1 h
4 A $< I_n < 16$ A	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$	1 h
16 A $\leq I_n \leq 63$ A	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	1 h
63 A $< I_n \leq 160$ A	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	2 h
160 A $< I_n \leq 400$ A	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	3 h
400 A $< I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	4 h

Kasutades tabelit 4.4.1 ja valemit 4.4 on võimalik koostada sulavkaitsme valiku jaoks tabelid, kus sulavkaitsme nimivoolud on viidud vastavusse juhi kestvalt lubatud vooludega. Selle tulemused on tabelis 4.4.2.

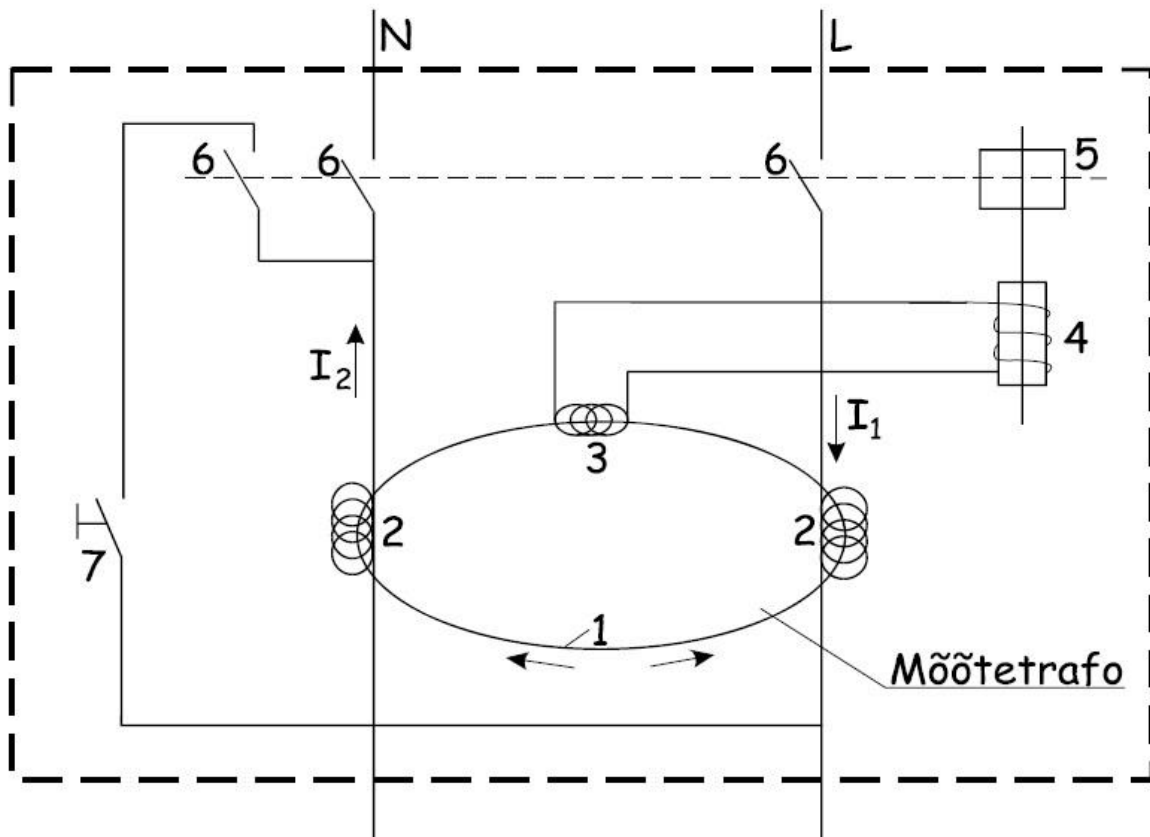
Tabel 4.3 Juhi kestvalt lubatud voolud vastavalt sulavkaitsmele [15]

gG-tüüpi sulavkaitsme nimivool	Juhi kestvalt lubatavad voolud
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883
1000	1103
1250	1379

4.5. Rikkevoolukaitse

Isolatsioonimaterjalid ei ole ideaalsed, seetõttu tekib elektriseadmetes ja -võrkudes voolujuhtide pingestamisel vool mitte ainult faasi- ja neutraaljuhtides, vaid ka juhtide ja maa vahelises isolatsioonis. Sellist voolu nimetatakse lekkevooluks. Näiteks, faasipinge 230 V ja 0,5 M Ω juures on ühe faasi lekkevool ca 0,4 mA, mis pole ohtlik. Kui lekkevool suureneb üle ohutu piiri (kirjeldatud peatükis 4.3), nimetatakse seda rikkevooluks. Seda põhjustavad järgmised tegurid:

- isolatsiooni üldine halvenemine, nt vananemine, niiskumine jne,
- kereühendus elektriseadmes isolatsiooni rikke tõttu,
- isolatsiooni kohalik halvenemine,
- maaühendus liinides.



Joonis 4.5 Rikkevoolukaitselüliti tööpõhimõte [17]

Rikkevoolu suurust mõõdab mõõtetrafo, mis koosneb rõngasmagnetsüdamikust (1) ning sellele mähitud primaarmähisest (2) ja sekundaarmähisest (3). Normaaltalitusel on faasivool ja neutraaljuhi vool võrdsed, nende tekitatud magnetvoog on võrdsed ja vastassuunalised. Magnetvoog südamikus võrdub nulliga ja mõõtemähises (3) ei teki voolu. Kui algab rikketalitus, tasakaal häirub, südamikus tekib magnetvoog ning mõõtemähises indutseeritakse rikkevooluga võrdeline vool. Mõõterelee (4) vabasti (5) lahutab voolukontaktid (6). Kontrollnupp (7) on lüliti korrasoleku perioodiliseks kontrolliks.

Võrreldes harilike liinikaitselülititega on rikkevoolukaitselüliti erinevus veel selles, et vabasti rakendumisel lülitatakse koos faasijuhiga välja ka kaitstava ahela neutraaljuht, kusjuures neutraaljuhi kontakt sisselülitamisel sulgub esimesena, avaneb aga viimasena. [17]

Eestis kehtivate normide järgi on rikkevoolukaitse uutes elektripaigaldistes kohustuslik. 30-milliamprise rakendusvooluga rikkevoolukaitse kaitseb inimese elu, seega peab lisakaitse olema: [25]

- üldkasutatavatel pistikupesadel, mille nimivool on kuni 20 A;
- välioludes kasutatavatel teisaldatavatel seadmetel, mille nimivool on kuni 32 A.
- niisketes ruumides, näiteks duširuumis, vannitoas, saunas, köögis.

Kui rikkevoolukaitse ülesandeks on inimeste või loomade kaitsmine elektrilöögi eest, siis valitakse vabasti rakendumisvooluks enamasti 30 mA, eriti ohtlikel juhtudel 10 mA. Väljalülitusaeg on 0,1 sekundit. Tuleohu vältimiseks mõeldud rikkevoolukaitse ülesandeks vabasti rakendumisvool on tavaliselt 300 või 500 mA, väljalülitusaeg on alla 0,2 sekundi.

Et kaitse rakenduks ohtlike rikkevoolude tekkel, peavad kaitstavate seadmete kered ja kestad olema kaitsejuhi kaudu maandatud kohaliku maandussüsteemiga ehk oleks kasutusel TN-S juhistikusüsteem. Maandustakistus peab vastama võrratusele 4.6. [24]

$$R_m < \frac{U_p}{I_{rak}} \quad (4.6)$$

R_m – maandustakistus (Ω)

U_p – puutepinge (V)

I_{rak} – rikkevoolukaitse rakendumisvool (mA)

4.6. Liigpingekaitse

Elektripaigaldiste tööd häirida võivad liigpinged liigitatakse kestuse järgi kaheks:

- transientliigpinged (ingl. transient – üleminev, mööduv). Need on impulsilise iseloomuga, ja kestavad tavaliselt mõne millisekundi. Ohtlik on kõrge amplituud.
- ajutised liigpinged. Need avalduvad võrgusagedusliku sumbuva või mittesumbuva vahelduvpingena. Ohtlik on nende kestus, mis sõltub kaitseadme rakendumiskiirusest.

Tekke järgi liigitatakse transientliigpinged omakorda kolmeks:

- pikse- ehk välguliigpinge, mis tekib pikselöögist hoonesse, kus paigaldis asub või lähedal toimuva välgulahenduse elektrostaatilise ja elektromagnetilise induksiooni mõjul.

- lülitusliigpinge, mis tekib induktiivahela väljalülitamisel, lahenduslampide süüturi rakendumisel või jõuelektroonika kommutatsiooniprotsessis, kui elektromagnetilisi häireid vältiv filter ei toimi.
- elektrostaatiline liigpinge, mis tekib elektrostaatilise laengu lahendumisel.

Lülitusliigpinged võivad ulatuda mõne kilovoldini ja pikseliigpinged lausa mõnekümne kilovoldini. [24]

Liigpingepiirikud on ette nähtud elektrivõrkude ja elektriseadmete kaitseks piksest ja lülitustest tingitud liigpingete. Liigpingepiirikud jagunevad tüüpidesse 1, 2, 3. Tüüpidesse 1 ja 2 ning 1+2 kuuluvaid liigpingepiirikuid kasutatakse ehitiste elektrisisestuses (tüüp 1 või 1+2) ja sisejuhtmestiku jaotuskilpides (tüüp 2).

Tüüpi 1 kuuluvad liigpingepiirikud on välguvoolukindlad – need suudavad endast läbi lasta võimsaid vooluimpulsse, kuid ei piira küllaldaselt välguimpulsse (näiteks elektroonikaseadmete puhul).

Tüüpi 2 kuuluvad liigpingepiirikud piiravad juba tüübi 1 poolt piiratud välguimpulsse või impulsse, mis tekivad välgu lähi- või kauglöökidel või lülitustel elektrisüsteemis.

Tüüpi 3 kuuluvad liigpingepiirikud paigaldatakse vahetult seadme ette ehk pistikusse. Need piiravad liigpingeimpulsse sedavõrd, et need pole ohtlikud korras elektroonikaseadmetele. [25]

Seega on elamutes elektriseadmete kaitseks paslik kasutada 1+2 tüüpi liigpingepiirikuid, mis ühendab endas nii tüüp 1 kui ka tüüp 2 liigpingepiiriku.

4.7. Sisevalgustuse projekteerimine

Sageli projekteeritakse uutes korterites valgustus ainult vannitubadesse ja esikutesse ning eluruumidesse jäetakse ainult valgusti ühendamiseks pesad, mis võimaldab korteriomanikul endale meelepärase valgusti valida. Valgustuse projekteerimisel on soovituslik kasutada LED valgustust, mis on teiste valgusallika tüüpidega võrreldes väga energiasäästlik. Lisaks tuleb valgustus projekteerida hoone üldaladele nagu trepikojad, tehnilised ruumid, panipaigad, koridorid jne.

Korterelamu üldvalgustuse projekteerimisel tuleks lähtutuda standardi EVS-EN 12464-1:2011 „Valgus ja valgustus“ nõuetest. Vastavalt ruumide otstarbele on valgustuse nõuded järgmised:

Tabel 4.4 Olulisemad valgustusnõuded korterelamus [21]

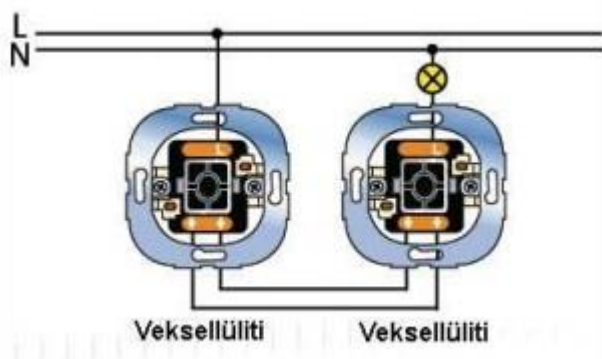
Ruumi liik (Kontrolltasapinna kõrgus)	E_m, lx	UGR	U_o
Tehnilised ruumid (0,5m)	200	25	0,40
Koridorid (põrandal)	100	28	0,40
Trepid (põrandal)	100	25	0,40
Vannituba (0,8)	200	25	0,40

UGR – diskomforträägus (ühikuta)

Välisvalgustuspaigaldistes arvutatakse räägust pisut teisiti, kui sisepaigaldistes, kuid sisuliselt tähendab R_{GL} tabelis 3.4 sama asja, mis tabelis UGR tabelis 4.4.

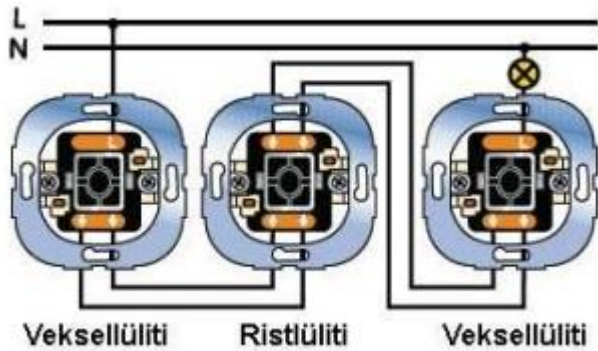
Nõuete tagamist on sobilik kontrollida sarnaselt välisvalgustuse projekteerimisele Dialux tarkvara abil.

Valgustuse lülitamine projekteeritakse koreterites tüüpiliselt lihtlülititega. Suuremates ja läbikäidavamates ruumides nagu elutuba või esik on kasutusmugavuse huvides mõistlik kasutada veksellüliteid, mis võimaldavad sama valgusti lülitamist kahest erinevast punktist. Lihtlülitit on küll odavam, kuid jaekaubanduses neid enam palju ei kohta, kuna veksellülitit toimib ka lihtlülitina. Lülitit tuleb ühendada nii, et teda läbib vaid faasijuhe L (must, hall või pruun). Sinine neutraaljuhe ja koll-roheline maandusjuhe ühendatakse vahetult tarbijaga. [26]



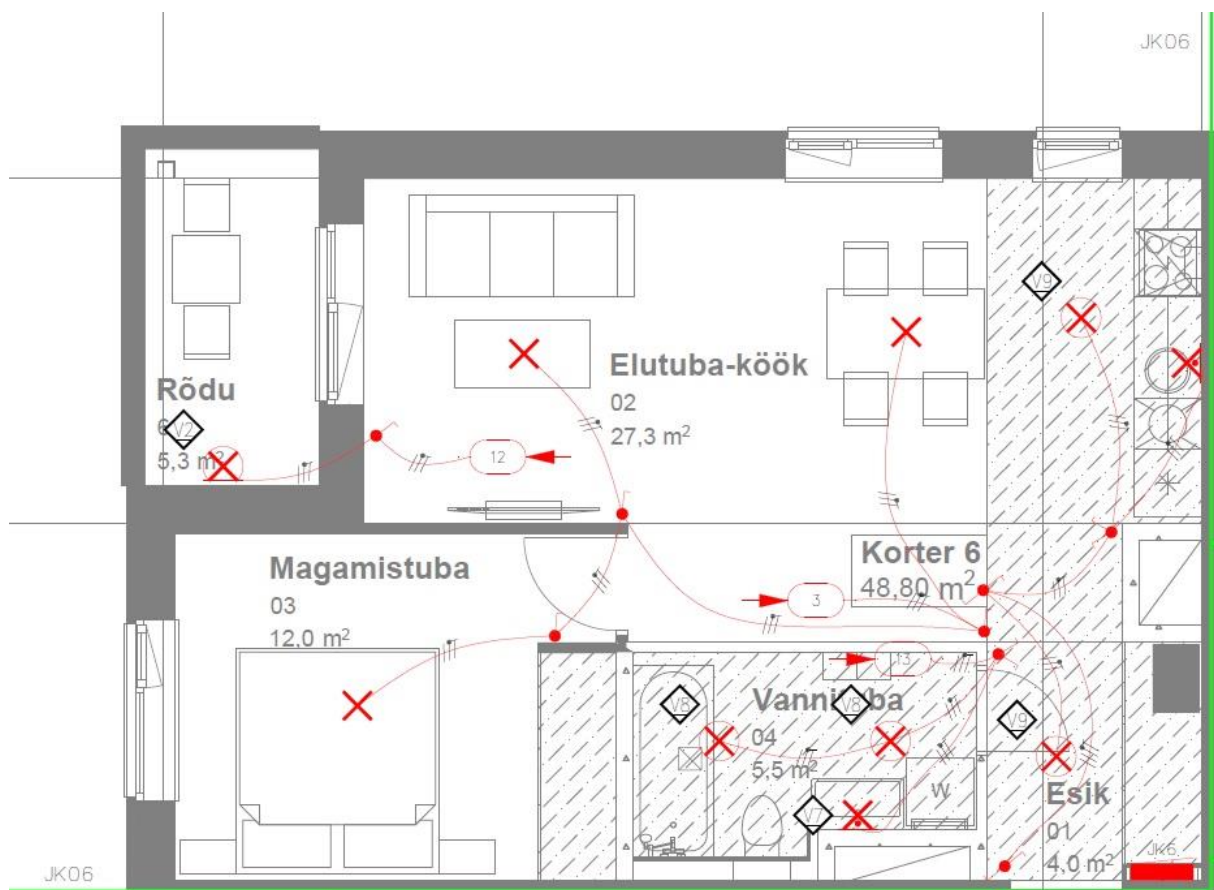
Joonis 4.6 Veksellülitit ühendusskeem [26]

Kui ühte tarbijat on tarvis lülitada kolmest ja enamast asukohast, siis on tarvis kasutada ristlülitit, mis paigaldatakse kahe veksellülitit vahele. [26]



Joonis 4.7 Ristlüüti ühendusskeem [26]

Hoone üldkasutatavad ruumid nagu trepikojad ja panipaigakoridorid varustatakse mugavust silmas pidades sageli liikumisanduritega, mis valgustuse inimeste saabumisel automaatselt sisse lülitavad ning teatava viitega hiljem välja lülitavad.



Joonis 4.8 Valgustuspaigaldise plaani fragment ühe korteri kohta

4.8. Turvavalgustuse projekteerimine

Turvavalgustus jaguneb selle kasutamise otstarbest tulenevalt evakuatsiooni-, paanikavältimis- ja riskialavalgustuseks. [27]

Evakuatsiooniks mõeldud väljapääsuteedel laiusega kuni 2 m ei tohi väljapääsutee põranda keskjoone rõhtne valgustustihedus olla alla 1 lx. Valgustustihedus põranda keskribal laiusega vähemalt pool väljapääsutee laiusest peab moodustama sellest väärtusest vähemalt 50 %. Laiemaid väljapääsuteid tuleb käsitada kui mitut 2 m laiust riba või näha neil ette paanikavastane valgustus. [28] Evakuatsioonivalgustus valgustus paigaldatakse väljapääsuteede- ja vahendite kiireks leidmiseks ja ohutuks kasutamiseks ohtu sattunud inimeste poolt. Evakuatsioonivalgustus paigaldatakse koridoridesse, treppidele ja väljapääsudele samuti väljapääsuteede suuna- ja tasapinna muutumise ning ristumiskohtadesse. Täpsemalt on kõik esiletõstmist nõudvad kohad välja toodud standardis EVS-EN 1838:2013.

Paanikavältimisvalgustuse korral ei tohi vaba põrandapinna rõhtne valgustustihedus olla alla 0,5 lx, kusjuures äärepiirkondi laiusega 0,5 m ei arvestata. [28]

Ohtlikes tööpiirkondades ei tohi valgustustiheduse hooldeväärtus piirkonna tööpinnal olla väiksem kui 10 % sellel tööl nõutava valgustustiheduse hooldeväärtusest, kuid mitte väiksem kui 15 lx. Ebaühtlustegur U_d ei tohi ohtlikes tööpiirkondades olla väiksem kui 0,1. [28] Riskialavalgustus paigaldatakse korterelamutes kilbiruumidesse ja teistesse tehnilistesse ruumidesse.

Turvavalgustuse vajadus konkreetses hoones sõltub selle kasutusviisist ja suurus. Vastavalt Majandus- ja taristuministri määruse nr 54 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“ lisale 1 „Ehitise tuleohutusest tulenev ehitiste liigitus“ jagunevad hooned vastavalt kasutusviisile.

I kasutusviis – Elamud ja eluruumid

II kasutusviis - Majutushooned

III kasutusviis - Ehitised, mis on ööpäevaringses kasutuses ja kus on hooldusaluseid või isoleeritavaid inimesi.

IV kasutusviis - Suurte rahvahulkade kogunemishooned.

V kasutusviis - Ehitised, mis on üldjuhul päevases kasutuses ja milles reeglina viibivad ruume tundvad isikud.

VI kasutusviis - Tööstus- ja tootmishitised, milles reeglina viibivad ruume tundvad isikud.

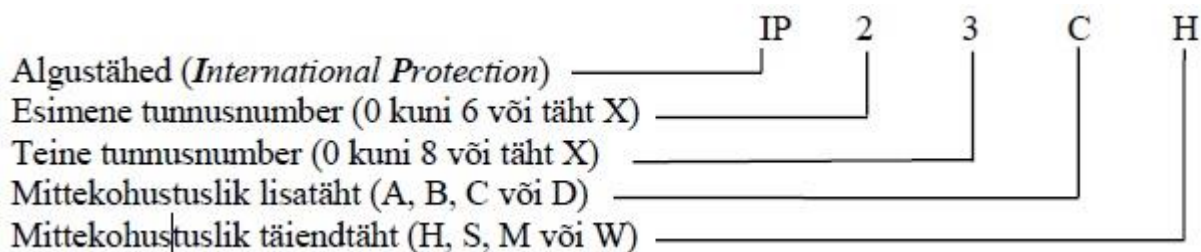
VII kasutusviis – Garaažid.

Korruselamud on I kasutusviisiga hooned. Eelmainitud määrus kirjeldab, millistes hoonetes ja ruumides peab turvavalgustus olema olema. Kortrelamuid puudutavad järgmised nõuded. Evakuatsioonivalgustus minimaalse toimimisajaga vähemalt üks tund peab olema: [27]

- kuue- ja enamakorruselises I ja V kasutusviisiga ehitises ning mis tahes hoone loomuliku valgustuseta evakuatsioonitrepikojas.
- mitme korrusega keldris

4.9. Elektriseadmete kaitseastme valik

Paigaldusplaanidel määratakse ära valgustite, lülitite, pistikupesade ja muude elektriseadmete asukohad. Selles osas saab päris palju kaasa rääkida tellija ja arhitekt. Sagedane on erimeelsus sisearhitekti ja elektriprojekterija vahel kasutatavate valgustite osas, kui arhitekti pakutud valgusti ei võimalda nõutava valgustugevuse tagamist või ei vasta nõutud IP kaitseastmele.



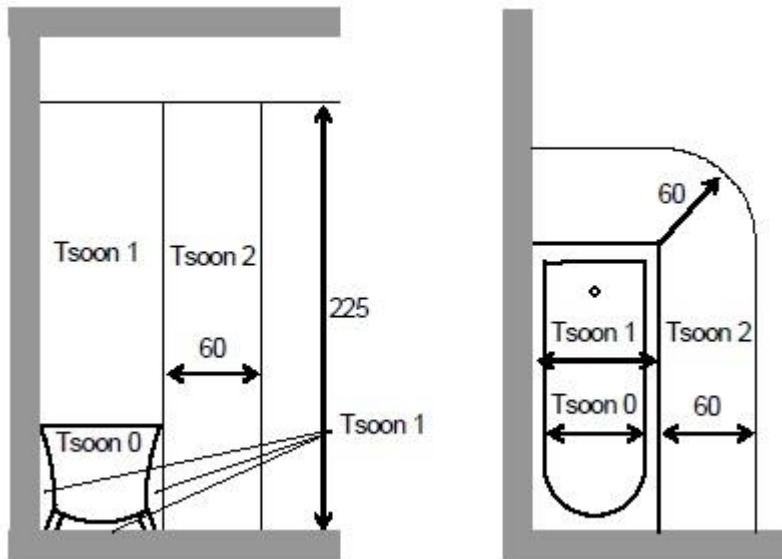
Kui üht tunnusnumbritest ei ole vaja esitada, tuleb see asendada tähega X. Kui mõlemad tunnusnumbrid ära jäetakse, asendatakse nad tähtedega XX. Lisa- ja või täiendtähe võib ära jätta neid millegagi asendamata. Mitme täiendtähe kasutamisel peavad nad paiknema tähestikulises järjekorras. [29]

Tabel 4.5 IP-koodi koostisosad ja nende tähendus [29]

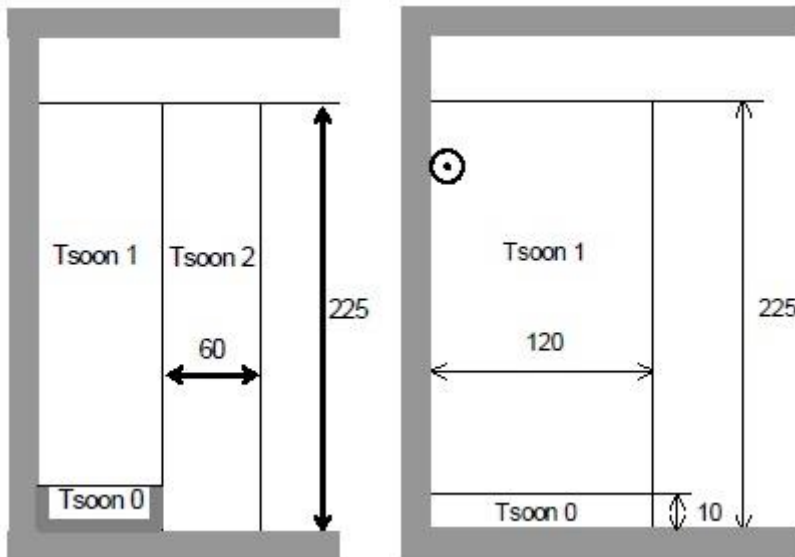
Koodi koostisosa	Number või täht	Seadme kaitse iseloomustus	Inimese kaitse iseloomustus
Algustähed	IP	-	-
Esimene tunnusnumber	0	Kaitse tahkete võõrkehade sissetungimise eest (kaitsmata)	Kaitse juurdepääsu eest ohtlikele osadele (kaitsmata)
	1	Läbimõõduga ≥ 50 mm	Käeseljaga
	2	Läbimõõduga ≥ 50 mm	Sõrmega
	3	Läbimõõduga ≥ 50 mm	Tööriistaga
	4	Läbimõõduga ≥ 50 mm	Traadiga
	5	Tolmukaitstult	Traadiga
	6	Tolmutihedalt	Traadiga

Teine tunnusnumber	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Kaitse vee kahjuliku toimega sissetungimise eest (kaitsmata) Püstloodis langevad tilgad Tilgad kalde all 15° Piserdus Pritsmed Joad Tugevad joad Ajutine sukeldus Kestev sukeldus	-
Lisatäht (mitte-kohustuslik)	A B C D	-	Kaitse juurdepääsu eest ohtlikele osadele Käeseljaga Sõrmega Tööriistaga Traadiga
Täiendtäht (mitte-kohustuslik)	H M S W	Täiendav teave Nimipinge üle 1000 V Veekindlusteim liikuvale olekus Veekindlusteim seisvas olekus Ilmakindlus	-

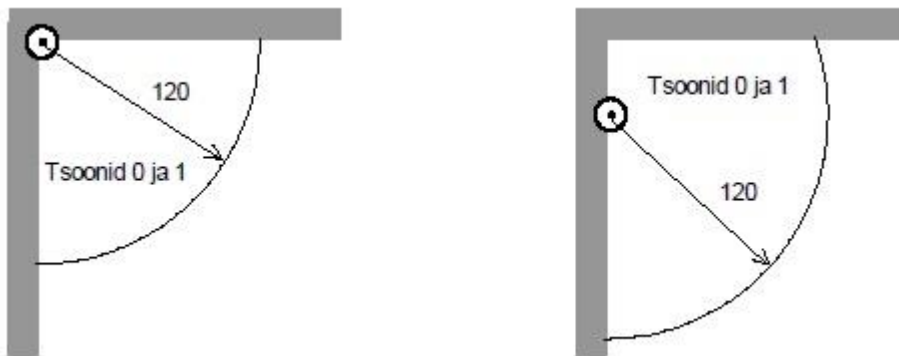
Vanne ja dušše sisaldavad ruumid on jagatud 3 tsooniks, millele vastavalt on tarvis valida nendes kasutatavate elektriseadmete (valgustid, pistikupesad) IP kaitseaste. Tsoon 0 on vann või dušši alusvanni sisemus. Alusvannita dušši korral on tsooni 0 kõrgus 10 cm. Ruumiosa vann või dušši kohal on Tsoon 1 ning 60 cm ümbrus nendest on tsoon 2. Seda illustreerivad joonised 4.9, 4.10 ja 4.9.11 [30]



Joonis 4.9 Vanni tsoonid otsvaates ja pealtvaates [30]



Joonis 4.10 Dušši tsoonid otsvaates ja külgsaates [30]



Joonis 4.11 Dušši tsoonid pealtvaates [30]

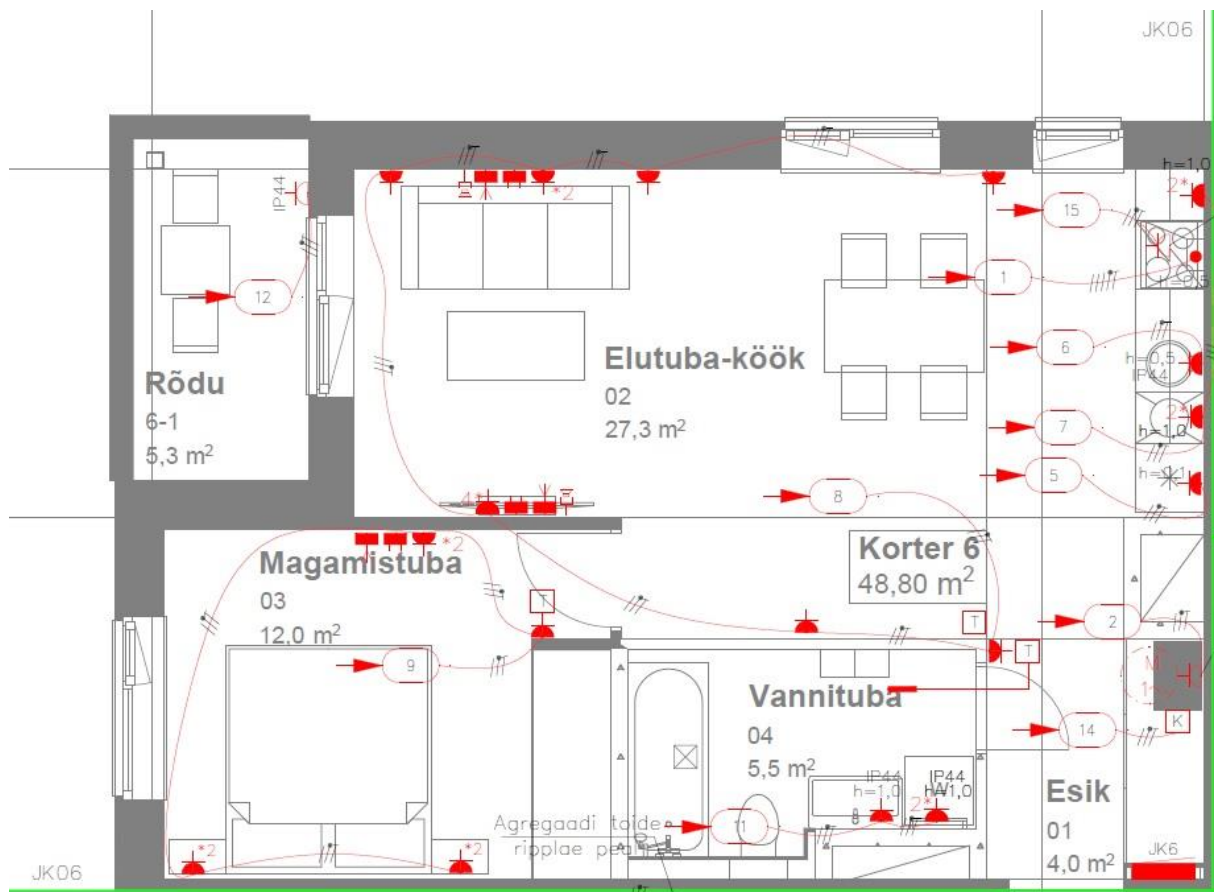
Tsoonis 0 – IPX7

Tsoonis 1 – IPX4

Tsoonis 2 - IPX4

Tehnoruumides, garaažides ja painipaikades on samuti otstarbekas kasutada IP44 kaitseastmega seadmed, kuna nendes on suurem oht veepritsmete ja tahkete osakeste sattumiseks elektriseadmele. Korterite eluruumides piisab IP20 kaitseastme kasutamisest.

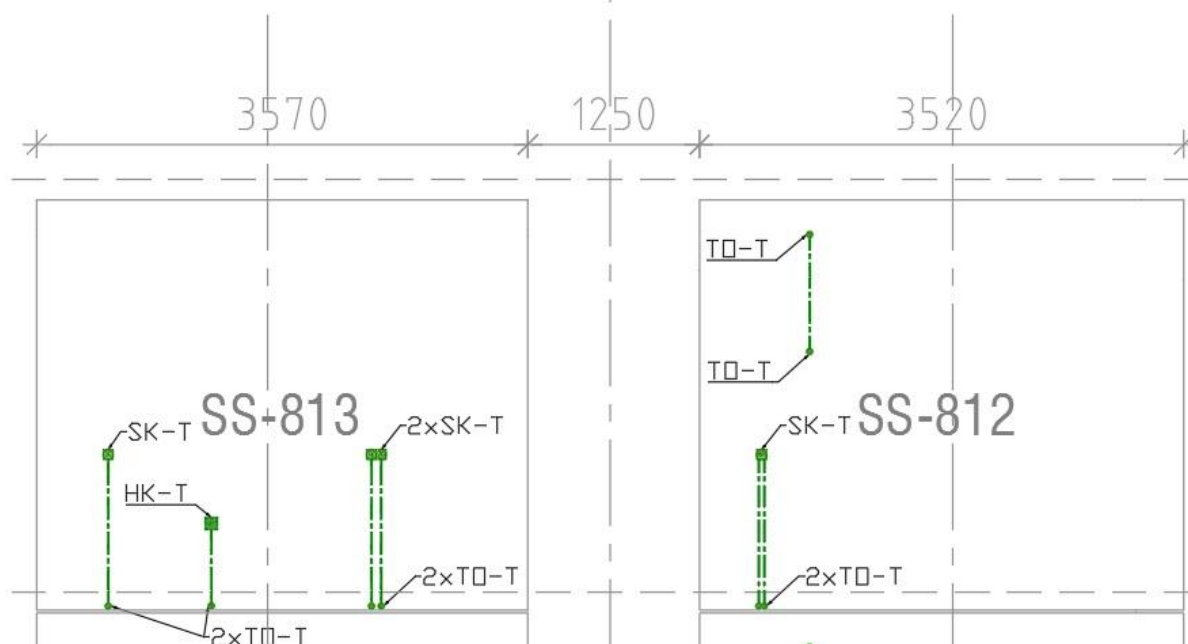
Lisaks IP astmele tuleb lülitite, termostaatide ja pistikupesade juures valida, kas need süvistatakse seina või paigaldatakse pinnapealselt. Üldreeglina nähakse korterites ette süvispaigaldus, kuna see näeb esteetiliselt ilusam välja. Tehnoruumides, painipaikades ja garaažides teostatakse tavaliselt pinnapealne paigaldus ja kaabeldus, kuna see on lihtsam ja odavam. Samas võib ka siin tellija soovida ilusamat süvispaigaldust.



Joonis 4.12 Jõupaigaldise plaani fragment ühe korteri kohta

Paneelidest valmistatavas majas on kasulik pistikupesade, lülitite ning seinasisese kaabelduse jaoks teha nn torutamisjoonised. See tähendab, et betoonitehase jaoks näidatakse paneelide laotistel ära, kuhu tulevad paneelisisese torud ja seadmekarbid pistikupesadele, lülititele. Põranda ja lae jaoks taolisi jooniseid tarvis ei ole, kuna horisontaalpindadel teostatakse kaabeldus kas põranda all betooni valades või ripplae taga, mis mõlemad teostatakse ehitusplatsil. Selline lähenemine võimaldab need juba paneelide valmistamisel paneelidesse paika panna. Sageli ehitusfirmad seda soovivad, kuna ehitusplatsil paneelide freesimine on aeganõudev ja kallis töö. Torutamisjooniseid on mõttekas tegema hakata alles siis, kui tellija on pistikupesade ja lülitite asukohad üle vaadanud ning heaks kiitnud. Vastasel korral on oht, et tuleb torutamisjooniseid ümber teha, kui tellijalt tuleb muudatuse soove.

LAOTIS S-6 TELJEL C



Joonis 4.13 Torutamisjoonise näide

4.10. Piksekaitse

Hoonete kaitsmiseks kasutatakse otseseid piksekaitsesüsteeme, mille eesmärk on kaitsta hoonet kas välgulöögi otsetabamuse eest või hoone lähedust tabava välgulöögi mõju eest, ning peale selle piirata ka liigpingekaitse abil hoone elektri- ja sidesüsteemidesse levivaid liigpingeid. Pikselöögi tagajärjed võivad elumajas olla elektripaigaldiste läbilöök, tulekahju, elektri- ja elektroonikaseadmete ja -süsteemide rikked.

Välise piksekaitse hulka kuuluvad kõik hoonevälised seadmed ja tarvikud, mis tõmbavad välgulööki ligi ja juhivad välguvoolu maandusvõrku. Eesmärk on, et võimaliku välgulöögi korral tabab välg välguvoolujuhti, mitte aga kaitstavaid objekte.

Tabel 4.6 Välgupüüduuri juhtide, piksevarraste ja allaviikude materjal, kuju ja vähimad ristlõikepindalad [31]

Materjal	Kuju	Vähim ristlõikepindala, mm ²
Kuumsukeldustsingitud teras	Lintmaterjal	50
Roostevaba teras	Ümarmaterjal	50
Alumiiniumisulam	Kiud	50
	Ümarmaterjal ^c	176

Kaitse välgulöögi otsetabamuse eest õnnestub kõige paremini siis, kui pikilainena levivat liigpingeimpulssi õnnestub jagada mitme elektrijuhhi kaudu mitme maanduselektroodi haru vahel. Üksik, väikese takistusega maanduselektrood pole kaitseomaduste poolest sobiv, sest pinge suuruse määrab üksiku maanduselektroodi lainetakistus pinge moodustumisprotsessi alguses. Kui uue ehitatava objekti puhul on teada liigpingeohule aldis süsteemid, ja hoone kaitseks välgulöögi eest hakatakse rajama välist piksekaitset, siis on majanduslikult ja esteetiliselt parimaks lahenduseks ehitusjärgus hoone oma teraskonstruksioonide kasutamine, nagu nt. betooni terassarruse kasutamine, välise piksekaitse osana (nt allaviigujuhina). Kui hoone väline piksekaitse rajatakse hiljem, on kulud võrreldes piksekaitse ehitusaegse rajamisega kuni viis korda suuremad. [32]

Raudbetooni (k.a eelnevalt valatud pingebetooni) kasutataves ehitistes tuleb terasarmatuuri elektrilist katkematust kontrollida elektrilise katsetusega kõige kõrgema osa ja nullnivoo vahel. Üldine elektritakistus ei tohi sobiva katseseadmega mõõtmisel olla suurem kui $0,2 \Omega$. Kui seda väärtust ei saavutata või kui selliste katsete tegemine ei ole praktiline, ei tohi terasarmatuuri loomuliku allaviiguna kasutada. Sellisel juhul soovitatakse paigaldada väline allaviik. [33]

Eestis reguleerib piksekaitse vajadust majandus- ja taristuministri määrus 54 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“. Vastavalt sellele peab piksekaitse olema I kasutusviisiga hoonel ehk elamul, mille kõrgeim ehitise osa ulatub ümbruskonna hoonestusest enam kui 15 m kõrgemale, kusjuures selline ehitis ei asu naaberehitise piksekaitse tsoonis. [27]

Nõutav piksekaitsesüsteemi klass tuleb valida riskianalüüsi alusel ja riskianalüüs tuleb teostada vastavalt standardi EVS-NE 62305-2:2007 põhimõtetele, mida siinkohal täpsemalt ei käsitleta. Ehitises hindamisele tulevad riskid võivad olla järgmised:

- R1 - risk kaotada inimelu (või tekitada püsiv vigastus);
- R2 - risk kaotada kommunaalteenus;
- R3 - risk kaotada kultuuripärand;
- R4 - majandusliku väärtuse vähenemise risk.

Kui tegelik risk R on suurem, kui vastuvõetav risk R_T tuleb riski vähendamiseks rakendada piksekaitsemeetmeid. Piksekaitseklass tuleb valida selline, et tegelik risk R on väiksem kui vastuvõetav risk R_T . [31]

Päästeameti piksekaitse juhendmaterjali kohaselt on kaitseklassi valiku üldised juhtnõõrid järgmised:

Kaitseklassi I peaksid kuuluma plahvatusohtlikud tehased, -laod ja -alad; põlevmaterjali lahtised suurlaod; lennujuhtimistornid.

Kaitseklassi II peaksid kuuluma kõrge tuleohuga tööstusettevõtted ja laod; ehitised, kus on ööpäevaringselt hoolealuseid (nt haiglad, hooldekodud, lastekodud jms); politsei ja päästeameti juhtimiskeskused; kõrghooned kõrgusega üle 100 m.

Kaitseklassi III peaksid kuuluma inimeste kogunemiskohad (nt teater, kino hotell büroohooned, pangad, kauplused jne; loomapidamishooned; tööstushooned, kus pole kõrget tuleohtu; Kõrghooned kõrgusega üle 22 m.

Kaitseklassi IV kuuluksid ülejäänud ehitised, kus piksekaitse on nõutav.

Seega peaks korterelamus kasutama vajaduse korral piksekaitse klassi IV. [31]

Igas piksekaitsesüsteemis peab olema vähemalt kaks allaviiku. Eelistatud on allaviikude paigutamine piki hoone perimeetrit võrdsete vahekaugustega. Tüüpilised kaugused on allolevas tabelis.

Tabel 4.7 Allaviikude tüüpilised vahekaugused vastavalt piksekaitsesüsteemi klassile [33]

Piksekaitsesüsteemi klass	Tüüpilised vahekaugused, m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Allaviigud tuleb paigaldada sirgelt ja vertikaalselt nii, et moodustuks lühim ja kõige sirgjoonelisem rada maasse. Aasade tekkimist tuleb vältida. Allaviike ei tohi paigutada vihmaveetorudesse. [31]

Välgupüüdurite süsteemi võib koostada alltoodud elementide mis tahes kombinatsioonina:

- vardad (k.a eraldiseisvad mastid);
- rõhtjuhid;
- võrkjuhid.

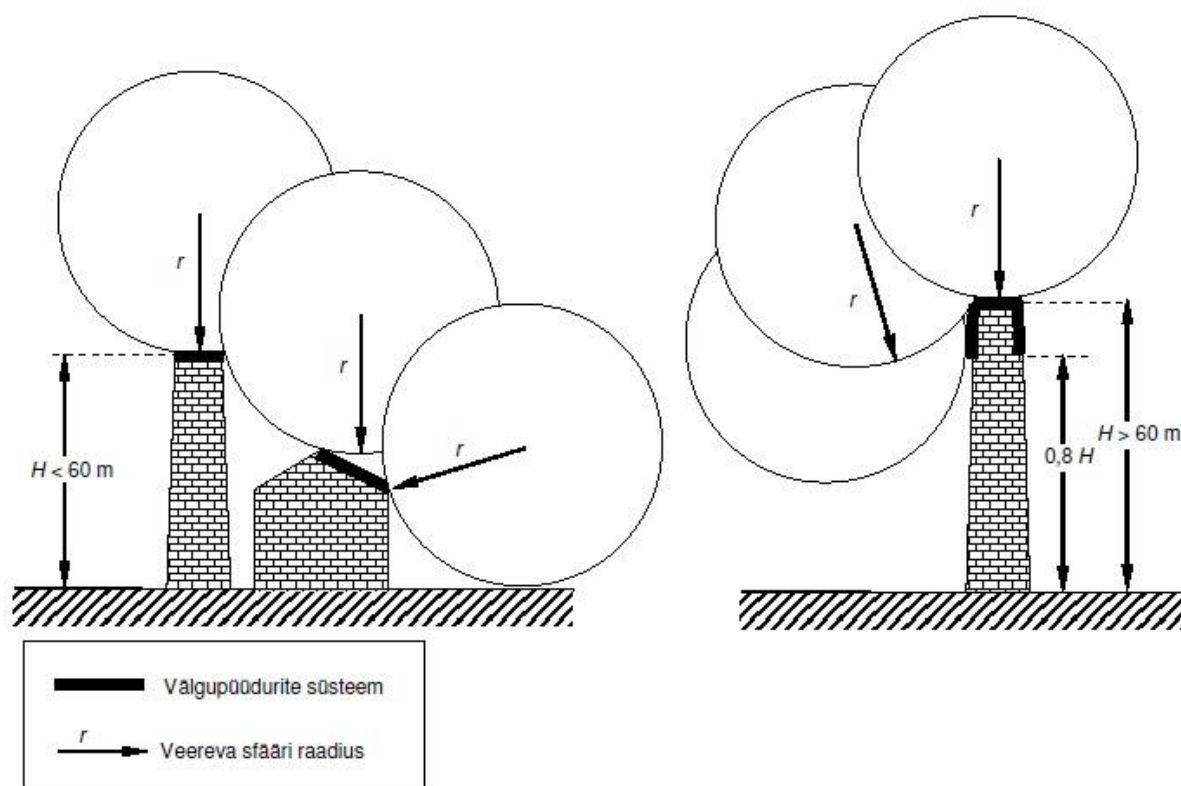
Välgupüüdurite süsteemi asukoha määramise heakskiidetud meetodid on:

- kaitsenurga meetod;
- veereva sfääri meetod;

- võrkmeetod.

Nendest meetoditest võib projekteerimisel valida endale meelepäraseima. Piksekaitsesüsteemi omadused määratakse kaitstava ehitise omaduste ja silmaspeetava piksekaitsetaseme alusel. Piksekaitsesüsteemi klassist olenevad veereva sfääri raadius, võrgu mõõtmed ja kaitsenurk. Välgupüüdurite süsteemi paigutust võib lugeda heaks, kui kaitstav ehitis asub tervenisti välgupüüdurite süsteemi kaitsetsoonis.

Välgupüüdurite süsteemi paigutus veereva sfääri meetodil on õige, kui ehitise ükski punkt ei ole kontaktis piksekaitsesüsteemi klassist sõltuva sfääriga raadiusega r , kui see sfäär veereb ehitise ümber ja tipus kõigis võimalikes suundades. Sellisel viisil sfäär puudutab ainult välgupüüdurite süsteemi. Kõikidesse ehitistesse, mille kõrgus ületab veereva sfääri raadiuse r , võivad toimuda välgulahendused ehitise küljele. Ehitise iga külgpunkt, mida puudutab veerev sfäär, võib saada välgulöögi tabamispunktiks. Kuid siiski on välgutabamuste tõenäosus kuni 60 m kõrguste ehitiste küljele tühine. Kõrgemate ehitiste puhul tabab enamik välgulööke tippu, horisontaalseid eenduvaid servi ja ehitise nurki. Ehitise külgi tabab ainult mõni protsent kõigist välgulöökidest. Veereva sfääri meetodi olemust kirjeldab allolev joonis. [33]



Joonis 4.14 Veereva sfääri meetod [33]

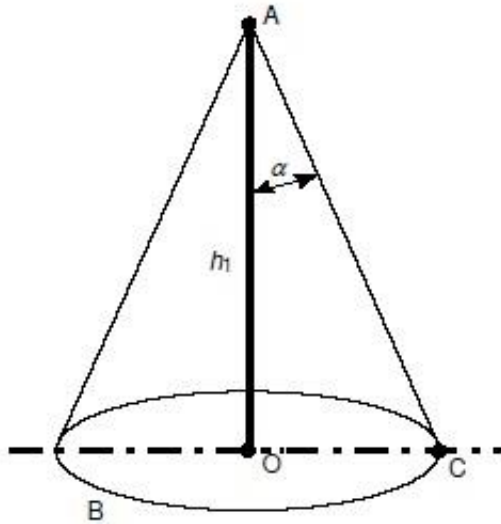
Võrkmeetod sobib hästi lamedate pindade kaitsmiseks. Võrkmeetod sobib horisontaalsetele ja kumeruseta kaldkatuste ning lamedate külgpindade kaitsmiseks külgmiste välgulöökide vastu. Lamedate pindade kaitsmise eesmärgil arvestatakse, et võrk kaitseb kogu pinda siis, kui täidetakse järgmised tingimused:

- Välgupüüdurjuhid on paigutatud:
 - katuse servajoonele;
 - katusest väljaulatuvatele rajatistele;
 - piki katuseharja, kui katuse kalle on suurem kui 1/10.
- Välgupüüdurvõrgu silma mõõtmed ei ole suuremad tabelis 4.10.3 toodud väärtustest.
- Välgupüüdurite süsteemi võrk on ehitatud sellisel viisil, et välguvoolule on alati olemas vähemalt kaks eraldi metallrada maandurini.
- Ükski metallpaigaldis ei ulatu välgupüüdurite süsteemi kaitsetsoonist välja.
- Välgupüüduri juhid järgivad, kui vähegi võimalik, lühimat ja sirgeimat rada.

Tabel 4.8 Piksekaitseklassile vastavad veereva sfääri raadiuse ja võrgu silma suurimad väärtused [33]

Piksekaitsesüsteemi klass	Kaitsemeetod		
	Veereva sfääri raadius r m	Võrgu silm w_m m	Kaitsenurk α°
I	20	5 × 5	
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	

Vertikaalvarda kaitsetsoonina peetakse silmas korrapärast pöördkoonust, mille tipp asub piksevarda teljel, piksekaitsesüsteemi klassist sõltuv tipu poolnurk on α ja piksevarda kõrgus on esitatud graafikul 4.14. Kaitsenurga meetodit illustreerib allolev joonis. Sel meetodil on võimalik koostada ka piksekaitseplaani, kus katuseplaanile kantakse on iga piksevarda ümber ringikujulised kaitsetsoonid. Üldjuhul sellist joonist siiski ei tehta, kui just tellija seda spetsiaalselt ei nõua.



Joonis 4.15 Vertikaalse piksevarda kaitsetsoon [33]

A – piksevarda tipp

B – aluspind (katuse ja seal paiknevate seadmete kõrgeim tasapind)

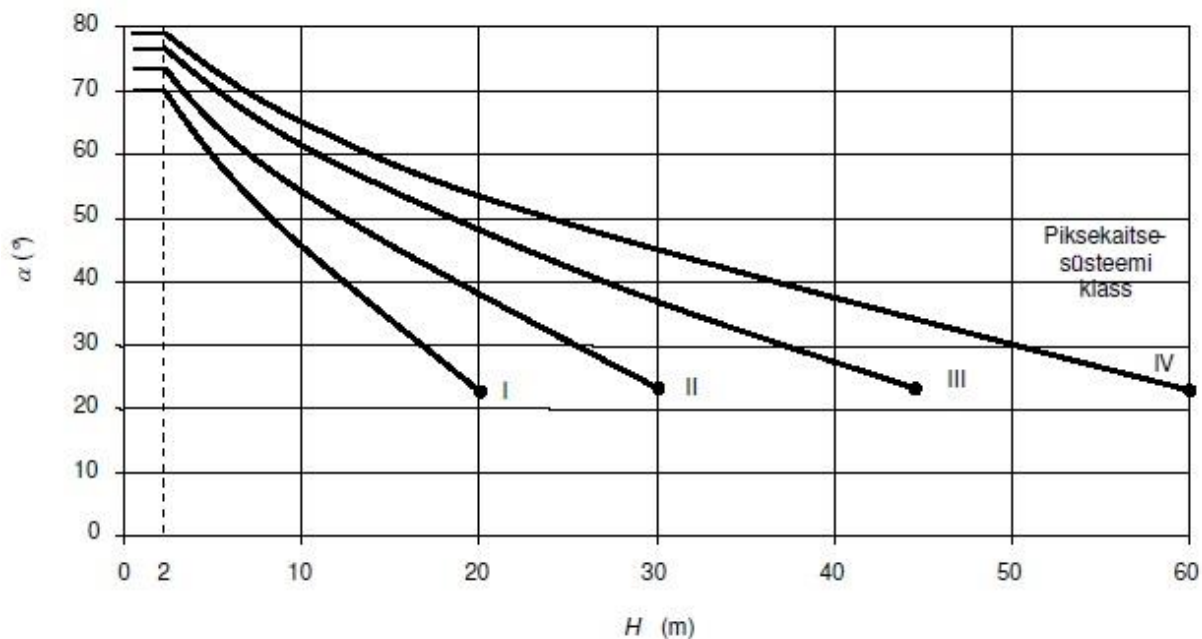
OC – kaitsetsooni raadius (m)

h_1 – kaitstava ala aluspinnast ülesse suunduva piksevarda kõrgus (m)

α – joonise 4.16 järgi valitud kaitsenurk ($^{\circ}$)

Piksevarda kaitsetsoon on seda suurem, mida kõrgem on piksevarras või mida madalam on piksekaitseklass ehk mida suurema kaitsenurga võib sama kõrge varda korral valida.

Kui katusel on katuse pinnast kõrgemale ulatuvaid elemente, mida tuleb kaitsta, kuid piksevarras on kinnitatud katuse pinnale, on piksevarda enda kõrgus suurem kui h_1 ning kaitstavaks aluspinnaks B valitakse katusel paiknevate objektide kõrgeim tasapind. Katusel paiknevad objektid võivad olla näiteks jahutuse või ventilatsiooniseadmete osad, mille kõrguse kohta tuleb infot küsida vastava osa projekteerijalt. Seetõttu saab piksekaitse projekteerida alles hoone projekteerimise lõpufaasis, kui kõik teised eriosade projekteerijad on valinud välja konkreetsed katusele paigutatavad seadmed ning määranud ka nende asukohad katusel.



Joonis 4.16 Piksekaitseklassile vastavad kaitsenurga suurimad väärtused [33]

H – välgpüüduuri kõrgus kaitstavast nullnivoost arvates.

Kaitsenurga meetod on kasutatav ainult joonisel 4.16 graafikute piirkodades. Edasi on kasutatavad ainult veereva sfääri meetod ja võrkmeetod.

4.11. Maandus

Maandamise all mõeldakse elektriseadme, -paigaldise või võrgu mingi osa elektrilist ühendamist maa lähedaloleva osaga (kohaliku maaga). Maandamiseks on lihtsaimal juhtumil vaja maaga kontaktis olevat juhtivat osa ehk maanduselektroodi ning üht või mitut juhti ehk maandusjuhti, mis loovad juhtiva ühenduse võrgu, paigaldise või seadme mingi punkti ja maanduselektroodi vahel. Kui elektripaigaldise mingi pingestatud osa ja maandatud pingelti osa vahel toimub isolatsioonirike, tekib rikkekohas maaühendusvool, mis on määratud vooluahela kogutakistusega ehk maandustakistusega. [34]

Voolu valgumisel maasse tekib maapinnal elektriline potentsiaal, mis maandurist kaugenemisel (voolu valgumisalal) hüperpoolitaoliselt väheneb. Maa-ala, millel potentsiaali saab lugeda nulliks, nimetatakse nullpotentsiaalialaks. Valgumisala ulatus ja potentsiaalijaotuse iseloom olenevad maanduri ehitusest, paigaldamissugavusest, pinnase eritakistusest ja maanduspinge väärtusest. Ligikaudselt võib öelda, et tavaliste maaühendusvoolude korral ulatub valgumisala

maanduri äärmisest elektroodist umbes 20 m kaugusele. Suurte vooluimpulsside korral, näiteks välguvoolu hajumisel maasse, võib valgumisala ulatuda kuni 500 m kaugusele. [19]

Maandusi liigitatakse järgmiselt: [35]

- Kaitsemaandus - Pingestamiseks mitte ettenähtud juhtiva osa maandamine inimeste kaitseks elektrilöögi eest.
- Talitusmaandus - Elektrivõrgu mingi punkti maandamine, mis on vajalik seadmete või alajaamade nõuetekohase talitluse tagamiseks.
- Piksekaitsemaandus - Maandus, mis on vajalik välguvoolu hajutamiseks maasse.

Elektriohutuse seisukohalt on maanduste esmaseks ülesandeks piirata rikete puhul esinevaid puute- ja sammupingeid.

Maanduselektroodid ei pruugi paikneda ainult pinnases, vaid ka nt betoonis või muus materjalis, mis pinnasega kokku puutub, sellised on näiteks vundamentmaandurid. Maandur paigaldataks suletud ringina hoone välisseina vundamenti hüdroisolatsioonikihist allapoole. [17]

Maanduselektroodi takistus sõltub selle mõõtmetest ja kujust ning seda ümbritseva pinnase eritakistusest. Pinnase eritakistus on sageli eri kohtades ja eri sügavuses erisugune. Pinnase eritakistust väljendatakse oom-meetrites (Ωm): arvuliselt võrdub see pinnasest koosneva silindri takistusega oomides, kui silindri ristlõikepindala on 1 m^2 ja pikkus 1 m. Pinnase eritakistus sõltub pinnase niiskusest ja temperatuurist, mis sõltuvad aastaajast. Niiskus sõltub peale selle ka pinnase peensusest ja poorsusest. niiskuse vähenemisel pinnase eritakistus suureneb. Pinnase külmumine suurendab märgatavalt selle eritakistust, mis võib külmunud kihis ulatuda mõne tuhande oom-meetrini. [36]

Ehitusaluse pinnase kohta võib informatsiooni küsida geoloogilisi uuringuid teinud ettevõttelt või tellijalt, kui tellijaks on mõni ehitusfirma. Täpse info puudumisel võib pinnase tüüpi hinnata ka Maa-ameti geoportaali kaardirakenduse abil aadressil xgis.maaamet.ee. Ideaalne oleks tellida pinnase eritakistuse mõõtmised, kuid korterelamute puhul seda tavaliselt ei tehta. Taolised mõõtmised viiakse läbi enamasti alajaamade projekteerimisel, kuna see on eriti vastutusrikas objekt ning maandustakistusele esitatavad nõuded on elamutest karmimad.

Tabel 4.9 Pinnase eri liikide eritakistused [36]

Pinnase liik	Eritakistus Ωm
Soine pinnas	Mõni kuni 30
Settepinna, lammimuld	20 kuni 100
Huumus	10 kuni 150
Niiske turvas	5 kuni 100
Pehme savi	50
Mergel ja kõvasavi	100 kuni 200
Juuramergel	30 kuni 40
Saviliiv	50 kuni 500
Räniliiv	200 kuni 3 000
Kivine pinnas	1 500 kuni 3 000
Muruga kaetud kivine pinnas	300 kuni 500
Pehme lubjakivi	100 kuni 300
Paas	1 000 kuni 5 000
Praguline paas	500 kuni 1 000
Kiltkivi	50 kuni 300
Vilgukivi	800
Graniit ja ilmastikust mõjutatud liivakivi	1 500 kuni 10 000
Graniit ja väga vana murenenud liivakivi	100 kuni 600

Pinnasega vahetult kokkupuutuvad maanduselektroodid peavad olema materjalist, mis on võimeline vastu pidama korrosioonile (keemilisele või bioloogilisele agressioonile, oksüdeerumisele, galvaaniliste paaride tekkele, elektrolüüsile jne). Maanduselektroodid peavad vastu pidama nii nende paigaldamise ajal kui ka tavatalitlusel esinevatele mehaanilistele jõududele. Mehaanilise tugevuse ja korrosioonikindluse tagamiseks peavad maandusjuhtide ristlõiked olema vähemalt järgmised: [35]

- vase puhul 16 mm^2
- alumiiniumi puhul 35 mm^2
- terase puhul 50 mm^2

Ehitise suurima jaotuskilbi lähedale paigaldatakse peamaanduslatt. Peamaanduslatt toimib maanduste ja potentsiaaliühtlustuste kogumispunktina. Kõiki maanduslati külge ühendatavaid juhte peab olema võimalik ükshaaval lahti ühendada. Seepärast kasutatakse maanduslatina enamasti klemmidega varustatud latti ehk klemmliistu. [15]

Soovitav on võimalikult madal maandustakistus (kui võimalik, siis madalsagedusega mõõtmisel madalam kui 10 Ω). [33]

Maandamist käsitlev EVS-HD 60364-5-54 standard kirjeldab kolme tüüpi maanduspaigaldise takistuse arvutamist.

Rõhtsalt pinnases paikneva maanduselektroodi takistuse R võib ligikaudselt arvutada järgmise valemiga:

$$R = 2 \frac{\rho}{L} \quad (4.7)$$

R – maanduselektroodi takistus (Ω)

ρ – pinnase eritakistus (Ωm)

L – juhi paigaldamiseks kaevatud kraavi pikkus (m)

Juhi paigutamine kraavi looklevalt ei mõjuta maanduselektroodi takistust kuigi oluliselt. Tegelikult paigaldatakse sellised juhid kahel eri viisil:

- Ehitise vundamendimaandurina, kusjuures maanduselektrood moodustab kinnise kontuuri mööda ehitise

kogu übermõõtu ja elektroodi pikkuse võib lugeda ehitise übermõõduga võrdseks;

- Asetamisega selleks otstarbeks kaevatud kraavi ligikaudu 1 m sügavusele.

Kraave ei tohi täita kividega, räbuga ega muude taoliste materjalidega, vaid mullaga, mis on suuteline säilitama niiskust.

Teine variant on plaatmaanduri kasutamine. Et saavutada plaadi mõlemal poolel hea kontakt pinnasega, tuleb eelistada lausplaadi paigutamist pinnasesse püstselt. Plaadi tuleb süvistada selliselt, et nende ülemine äär oleks ligikaudu 1 m sügavusel. Paigutamise korral piisavalt sügavale on plaatmaanduselektroodi takistus arvutatav järgneva ligikaudse valemiga:

$$R = 0,8 \frac{\rho}{L} \quad (4.8)$$

R – maanduselektroodi takistus (Ω)

ρ – pinnase eritakistus (Ωm)

L – plaadi übermõõd (m)

Püstselt süvistatud maanduselektroodi takistuse R võib ligikaudu arvutada järgneva valemiga:

$$R = \frac{\rho}{L} \quad (4.9)$$

R – maanduselektroodi takistus (Ω)

ρ – pinnase eritakistus (Ωm)

L – plaadi übermõõt (m)

Maanduri takistust saab vähendada mitme varda ühendamise teel rööbiti, kusjuures kahe varda korral on nende vahekaugus võrdne varda pikkusega, suurema arvu varraste korral aga suurem. Tuleb pöörata tähelepanu asjaolule, et kui saab süvistada eriti pikki vardaid, on pinnas varraste kogu ulatuses harva homogeenne ja et sellised vardad võivad küündida väikese või tähtsusetu eritakistusega pinnasekihtidesse. [36]

4.12. Potentsiaaliühtlustus

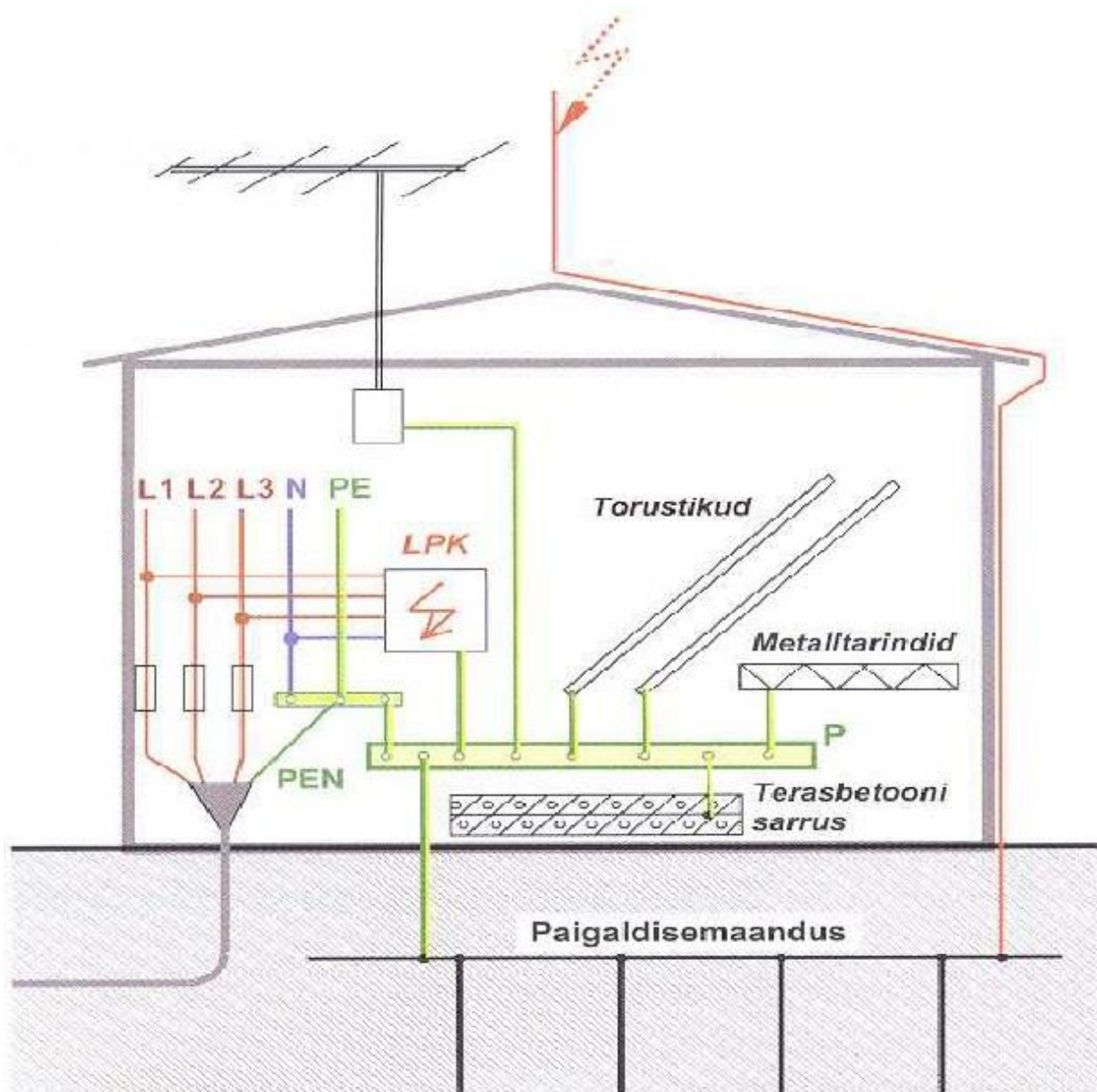
Potentsiaaliühtlustus seisneb paigaldise normaaltalitusel pingetute elektrijuhtivate osade omavahelises ühendamisest sellekohaste juhtide e. potentsiaaliühtlustus-juhtide abil. Sellise ühendamise eesmärk on tagada, et kui üks nendest osadest satub nt. isolatsioonirikke tõttu pinge alla, siis ei teki omavahel ühendatud elektrijuhtivate osade vahel ohtlikku puutepinget. Potentsiaaliühtlustussüsteemi parema töökindluse tagamiseks nähakse ette iga ühendatava osa jaoks ette eraldi juht, mis ühendatakse teiste juhtidega kokku potentsiaaliühtlustuslatil või -klemmil. [34]

Vastavalt otstarbele eritatakse kolme potentsiaaliühtlustussüsteemi:

- kaitse-potentsiaaliühtlustussüsteemi, mis oluliselt suurendab paigaldise või selle osa elektriohutust,
- talitus- potentsiaaliühtlustussüsteemi, mida kasutatakse muul eesmärgil kui elektriohutuse tagamiseks (nt elektromagnetiliste häirete vähendamiseks),
- ühtset potentsiaaliühtlustussüsteemi, mis peab tagama nii elektriohutuse kui ka kaitse elektromagnetiliste jm häirete eest.

Potentsiaaliühtlustussüsteemi tähtsaim osa on peapotentsiaaliühtlustus, mis nähakse ette ehitise elektrisisendi juures ja ühendatakse paigaldusmaandusega. Elektriohutuse rühmastandard näeb ette, et igas ehitises peavad peapotentsiaaliühtlustusega olema ühendatud järgmise juhtivad osad:

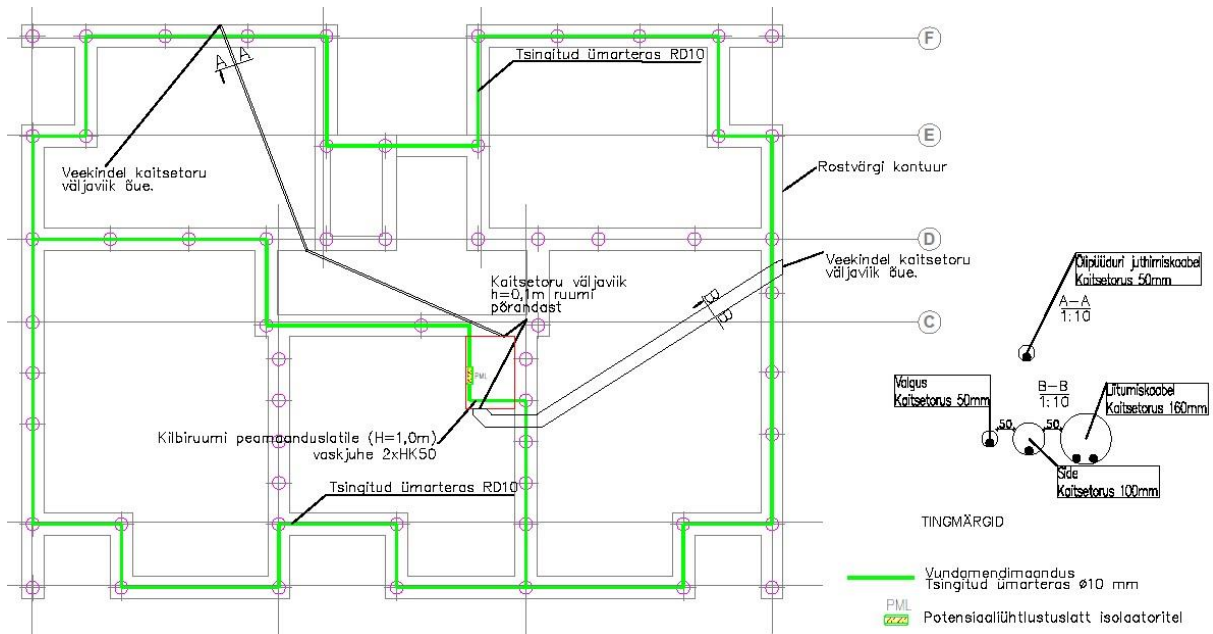
- peakaitsejuht,
- peamaandusjuht või peamaandusklemm,
- ehitisesised gaasi-, vee- jm torustikud,
- võimaluse korral metalltarindid, keskküttesüsteemid, terasbetoonitarindite sarrus,
- kõigi sidekaablite metallmantlid.



Joonis 4.17 Peapotentsiaaliühendus ehitise elektrisendi TN-C toitevõrgu ja TN-S hoonejuhistiku korral [34]

L1, L2, L3 – siseneva kaabelliini faasijuhid
 PEN – siseneva liini PEN-juht
 PE – kaitsejuht

N – neutraaljuht
 LPK – liigpingepiirikute kompleks
 P – peapotsiaaliühtlustuslatt (peamaanduslatt)



Joonis 4.18 Vundamentmaanduri paigaldusjoonise näidis

4.13. Tuleohutuspaigaldis

Tuleohutuspaigaldist käsitleb majandus- ja taristuministri määrus nr 54 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“. Selle kohaselt käsitletakse tuleohutuspaigaldisena ehitise tehnosüsteemi, mis on mõeldud tulekahju avastamiseks, tule ning suitsu leviku takistamiseks ja ohutu evakuatsiooni läbiviimiseks.

Tulekahjusignalisatsioon jaguneb järgnevalt:

- Autonoomne tulekahjusignalisatsiooniandur, mis on lokaalne tulekahjusignalisatsiooniseade, mis samas korpuses sisaldab kõiki tulekahju avastamiseks ja helialarmi andmiseks vajalikke komponente, kusjuures juhul, kui ehitise üldkasutatavasse ruumi on paigaldatud rohkem kui üks andur, peavad ühe anduri tööle hakkamisel reageerima ka kõik teised samasse rühma ühendatud andurid;
- Autonoomseks tulekahjusignalisatsioonisüsteemiks, mis on lokaalne elektrivõrku ühendatud seade, mille põhielementideks on autonoomsetest tulekahjusignalisatsioonianduritest moodustatud rühmad ja keskseade;

- Automaatseks tulekahjusignalisatsioonisüsteemiks, mis on erinevatest komponentidest moodustatud süsteem, mis annab automaatselt teate tekkinud tulekahjust, samuti oma töövalmidust ohustavast rikkest.

Autonoomne tulekahjusignalisatsioonandur tuleb ette näha elamus paikneva eluruumi (korter) vähemalt ühte ruumi. Autonoomset tulekahjusignalisatsioonisüsteemi elamutes ei nõuta. [27]

Suitsuandur peaks paiknema võimalikult korteri keskel, eelistatult elutoas, et igast korteri osast algav tulekahju käivitaks anduri võimalikult kiiresti. Juhul, kui toa lagi on erineva kõrgusega, näiteks mingis toa osas on alla lastud ripplagi (sellist lahendust kasutatakse sageli avatud köögiga korterites, kus ripplagi paigaldatakse köögi ossa), siis tuleb suitsuandur paigutada lae kõige kõrgemasse ossa, kuna suits ja kuumus tõuseb üles. Täiendava meetmena võib suitsuanduri ette näha ka korteri igasse tuppa.

Kokkuvõte

Lõputöö eesmärk oli antud konkreetse hoone näitel uurida ja kirjeldada kortermaja elektrivõrgu projekteerimisprotsessi ja -metoodikat. Antud lõputöö raames on projekteeritud elektrivõrk 8-korruselisele korterelamule Paepargi tn 43, Tallinn. Antud lõputöö kujutab endast korterelamu projekteerimise juhendit, milles selgitatakse oluliste parameetrite määramise ja seadmete valiku metoodikat. Analoogseid hooneid ehitatakse palju nii praegu kui ka tulevikus. Seetõttu on oluline, et projekteerimine toimuks süstematiseeritult ja mõtestatult ning arvestataks kehtivaid norme, seadusi ja standardeid. Lisaks on valdkonnas toimumas ka uuendusi nagu näiteks mudelprojekteerimise levik ning liginullenergiaühenduse nõude kehtima hakkamine. Seetõttu on oluline, et projekteerijad uuendustega kaasas käiksid.

Töö 1. peatükis on kirjeldatud efektiivset projekteerimisprotsessi ja selle etappe ning selgitatud projekteerimise uusi suundasid nagu ehitise ja tema tehnosüsteemide mudeli koostamine. Lisaks on uuritud, millest üldse hoone elektriprojekt koosneb ning käsitletud hoone projekteerimise ja ehitamise maksumust Novarc Group AS kogemuse baasil. Samuti on seal kirjeldatud lähteandmete hankimist ning standardeid ja norme, mida tuleb projekteerimisel järgida. Ühtlasi on selgitatud ka peagi kehtima hakkava Euroopa Liidu hoonete energiatõhususe direktiivi ehk liginullenergiahoonete nõude mõju projekteerimisele.

Üks olulisemaid probleeme elektriprojekteeerimise juures on seotud peakaitsme valikuga vastavalt tarbimiskoormusele ja üheaegsustegurile. Lisaks hoone peakaitsme valikule tuleb sarnaste põhimõtete järgi valida ka korteri ning vajadusel ka korruse peakaitse. Käesoleva töö 2. peatükis on uuritud seda probleemi teoreetiliselt ning selgitatakse valikupõhimõtteid mitme erineva meetodi põhised. Lisaks on selgitatud selles peatükis ka elektrivõrguga liitumise protsessi.

3. peatüks on käsitletud hoonevälise elektrivõrgu projekteerimist, kuna sageli projekteerib hoone elektrivõrgu projekteerija ka toite alajaamast või vähemasti liitumiskilbist hoone peajaotuskilbini. Samuti on korterelamutega koos tarvis projekteerida tihti ka näiteks parkla valgustus. Antud peatükis kirjeldataksegi välisvõrgu projekteerimisega seonduvaid olulisi aspekte.

Töö 4. peatükis on uuritud kortermaja tugevvoolupaigaldise projekteerimist ning projekteerimise tehnilist külge. Seejuures on kirjeldatud erinevaid juhistikusüsteeme, nende eeliseid ja puuduseid ning kasutatavust uusehitiste projekteerimisel. Seejärel on kirjeldatud elektriijaotussüsteemi koostamist ning selgitatud kasutatavate kaablite ja kaitseseadmete valikut

ning nende tööpõhimõtteid ja olulisust. Samuti on selles peatükis käsitletud maanduse, piksekaitse ja potentsiaaliühtlustuse põhimõtteid ja printsiipe. Selgitatud on nii piksekaitse vajaduse üle otsustamise protsessi kui ka projekteerimise põhimõtteid. Lisaks on uuritud ka valgustuse projekteerimisega seotud probleeme ning kirjeldatakse valgustusele esitatavaid nõudeid.

Töö alguses seatud eesmärgid ja ülesanded on täidetud ning tulemus vastab lõpetaja ootustele. Käesoleva lõputöö läbitöötamisel saab ettekujutuse korterelamu projekteerimisest üldiselt ning kõikidest elektriosa puudutavatest aspektidest täpsemalt. Koostatud töö võib võtta tulevikus aluseks sarnase kasutusviisiga hoonete projekteerimisele ning see hõlbustab projekteerimise ja selle oluliste aspektide mõistmist alustavatel elektriprojekterijatel. Näitlikustamiseks on kasutatud lõputöö raames koostatud Paepargi tn 43 korterelamu projekti.

Kirjandus

- [1] „Nõuded ehitusprojektile,“ *Riigi Teataja*, 21. 07. 2015.
- [2] „Tehnilised tingimused,“ Elektrilevi, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/et/avaleht>. [Kasutatud 2017 02. 12.].
- [3] „EESTI EHITUSKONSULTATSIOONIETTEVÕTETE LIIT,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.epbl.ee/et/>. [Kasutatud 06. 03. 2017].
- [4] „Hoonete energiatõhusus. Energiatalgud,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://energiatalgud.ee/index.php?title=Hoonete_energiat%C3%B5husus#Uute_hoonete_ehitusmahud_ja_energias.C3.A4.C3.A4stu_potentsiaal. [Kasutatud 28. 03. 2017].
- [5] „"Energiatõhususe miinimumnõuded",“ *Riigi Teataja*, 09. 01. 2015.
- [6] J. Kurnitski, „Liginullenergiahooned täna ja homme,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2015/08/Kogumik_Liginullenergiahooned-t%C3%A4na-ja-homme.pdf. [Kasutatud 22. 04. 2017].
- [7] Elektrilevi, „0,4-20 kV VÕRGUSTANDARD - 0,4 kV LIITUMISPUNKT,“ 2015.
- [8] E. Risthein, Elamute elektripaigaldised, Tallinn: Eetel-Ekspert OÜ, 2005.
- [9] Juhend EEI J2:1995. Eluhoonete arvutusliku võimsuse määramine, Tallinn, 1996.
- [10] „Liitumine madalpingel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/liitumine-madalpingel>. [Kasutatud 05. 03. 2017].
- [11] „Electrical Installation guide. Schneider Electric,“ 2016.
- [12] „Elektrilevi OÜ liitumistingimused,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/el_tingimused_liitumine.pdf. [Kasutatud 05. 03. 2017].
- [13] „Liitumise protsess,“ Elektrilevi, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/liitumise-sammud>. [Kasutatud 28. 03. 2017].

- [14] R. Teemets, „Elektriaparaadid. Loengukonspekt“.
- [15] „Elektripaigaldustööd 1. osa,“ EETEL, 2009.
- [16] „EVS 843:2016. Linnatänavad,“ Eesti Standardikeskus, 2016.
- [17] S. Käärid, Hoonete Elektripaigaldustööd, Tallinn, 2002.
- [18] „Prysmian Group Draka,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.draka.ee/index.php?group_id=29&page=53. [Kasutatud 13. 02. 2017].
- [19] M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn, 2007.
- [20] „EVS-EN 12464-2:2014. Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus / Osa 2: Välistöökohad,“ Eesti Standardikeskus, 2014.
- [21] „EVS-EN 12464-1:2011. Valgus ja Valgustus. Töökohavalgustus / Osa 1: Sisetöökohad,“ Eesti Standardikeskus, 2011.
- [22] „EVS-EN 61439-3:2012 Madalpingelised aparaadikoosted / Osa 3: Jaotuskilbid, mida tohivad käsitada tavaisikud,“ Eesti Standardikeskus, 2012.
- [23] „EVS-EN 61439-1:2012 Madalpingelised aparaadikoosted / Osa 1: Üldreeglid“.
- [24] R. Lahtmets, Kaitseaparaadid, Tallinn, 2006.
- [25] „Kaitseeadmed,“ Elektrilevi, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/kaitseeadmed>. [Kasutatud 26. 02. 2017].
- [26] K-RAUTA, „Lülitite ühendusskeemid- ja põhimõtted,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.elektriprojekt.ee/wp-content/uploads/2010/04/LYLITITE_YHENDUSSKEEMID_K_RAUTA.pdf. [Kasutatud 17. 04. 2017].
- [27] „„Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“,“ *Riigi teataja*, 01. 07. 2015.
- [28] „EVS-EN 1838:2013 Hädavalgustus,“ Eesti Standardikeskus, 2013.
- [29] „EVS-EN 60529:2001 Ümbrisega tagatavad kaitseastmed (IP kood),“ Eesti Standardikeskus, 2001.

- [30] „EVS-HD 60364-7-701:2007 Madalpingelised Elektripaigaldised / Osa 7-701: Nõuded eripaigaldistele ja -paikadele. Vanne ja dušše sisaldavad ruumid,“ Eesti Standardikeskus, 2007.
- [31] Päästeamet, „Piksekaitseüsteemi kontrolli juhendmaterjal,“ 2013.
- [32] „Elektripaigaldustööd 3.osa,“ EETEL, 2009.
- [33] „EVS-EN 62305-3:2011. Piksekaitse / Osa 3: Ehitistele tekitatavad füüsilised kahjustused ja oht elule,“ Eesti Standardikeskus, 2011.
- [34] R. Teemets, „Elektrivarustus. Loengukonspekt“.
- [35] R. Oidram, „Maanduspaigaldiste ehitus,“ 2005. [Võrgumaterjal]. Available: <http://petz.planet.ee/elekter/Maanduspaigaldiste-ehitus.pdf>. [Kasutatud 2017 04. 04.].
- [36] „EVS-HD 60364-5-54:2011 Madalpingelised elektripaigaldised / Osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine ja kaitsejuhid,“ Eesti Standardikeskus, 2011.