



Robert Hiimaa

ALAJAAMA PROJEKTEERIMINE PÄIKESEPARGI LIITUMISEKS

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Elektritehnika õppekava

Juhendaja: Andres Mandre

Juhendaja: Jaanus Ojangu

Tallinn 2023

Mina,

Robert Hiiemaa,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Andres Mandre

Juhendaja Jaanus Ojangu

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega nr kuupäev

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Robert Hiiemaa

sünnikuupäev: 02.05.2000

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Alajaama projekteerimine päikesepargi liitumiseks (lõputöö pealkiri)

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas 10.05.2023

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	3
1. ALAJAAM.....	4
2. PÄIKESEPARGID EESTIS JA NENDE MÕJU KESKKONNALE.....	4
2.1 Päikesepargid Eestis.....	4
2.2 Eesti päikeseelektrijaamade arendamine ja päikesekiirguse tingimused.....	6
2.3 Päikeseparkide mõju keskkonnale.....	7
3. PRIMAARSKEEM JA ÜLEVAATE PLAAN.....	10
4. JÕUTRAFO.....	12
5. ELEKTRIJUHID.....	17
5.1 Õhuliini juhtme valimine.....	20
5.2 Lattliini valimine.....	21
6. PIKSEKAITSE.....	21
6. 1 Piksekaitse arvutamine.....	22
7. VÄLISVALGUSTUS.....	27
7.1 Valgustuse arvutamine.....	28
8. MAANDUSKONTUUR.....	30
8.1 Maanduskontuuri arvutamine.....	31
KOKKUVÕTE.....	35
SUMMARY.....	36
KASUTATUD ALLIKAD.....	37

SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärgiks on koostada päikesepargi alajaama projekt, mis on kooskõlas seaduste, standardite, nõuetega ning projekti alusel oleks hiljem võimalik valmis ehitada alajaam. Samuti ka käsitleda päikesepargi alajaama projekteerimisest ning anda ülevaade päikeseparkidest ja nende alajaamadest. Antud projektis rajatakse alajaamale 110 kV liitumispunkt Eleringi AS-i alajaamaga. Lõputöö viidi läbi ettevõttes AS Connecto Eesti, kus autor sooritas ka oma diplomipraktika.

Teema sai valitud, kuna päikeseparkide loomine on väga aktuaalne tänapäeva ühiskonnas ning pakub huvi paljudele. Samuti on autor tihedalt seotud alajaamade projekteerimisega seoses firmaga, kus sooritatakse diplomipraktikat ning soovib omandada lisateadmisi antud valdkonnast.

Alajaama projekteerimiseks kasutati programme nimedega AutoCAD, DIALux ja CYMGRD. Plaanilised joonised koostati AutoCAD'iga, valgusarvutuste jaoks kasutati DIALux'i ning maanduskontuuri arvutamine viidi läbi CYMGRD'ga.

Lõputöö koosneb kaheksast suurest peatükist, mille alla kuuluvad ka alapeatükid.

Esimeses peatükis luuakse ülevaade alajaamast ning selle tähtsusest ja rollist.

Teises peatükis räägitakse päikeseparkidest Eestis ja milline on nende mõju keskkonnale.

Kolmandas peatükis on juttu alajaama vajalikkusest antud projektis ning on välja toodud primaarskeem ja ülevaate plaan.

Neljandas peatükis räägitakse, milline on jõutrafo valimisprotsess ning milliseid nõudeid selle jaoks jälgima peab.

Viiendas peatükis räägitakse kaablite valimisprotsessist, tehakse vooluarvutused ning valitakse kõik õiged juhid.

Kuues peatükk puudutab piksekaitset ning kuidas seda arvutada.

Seitsmes peatükk räägib välisvalgustusest ning selle nõuetest ja arvutamisest.

Kaheksanda ehk viimase peatüki teema on maanduskontuur, kus räägitakse maanduskontuuri vajalikkusest, nõuetest ning selle arvutamisest.

1. ALAJAAM

Alajaamad on olulised infrastruktuuri osad, mis tagavad elektrivarustuse kindluse ja turvalisuse meie igapäevaelus.

Alajaam on elektrivõrgu osa, mis paikneb kindlal asukohal ning koosneb peamiselt ülekande- ja jaotusliinide otsadest, jaotlatest, hoonetest ning mõnel juhul trafodest.. Tavaliselt sisaldab alajaam ka turvalisuse ja juhtimise tagamiseks vajalikke seadmeid, nagu näiteks kaitseseadmed. Peamised alajaama tüübid on ülekandevõrgu alajaam ning jaotusalajaam [4].

Antud töö puhul on liitumiseks mõeldud alajaam oluline, et oleks võimalik taastuenergiat tootvast päikesepargist liituda Eleringi alajaamaga. Selleks on vaja päikesepargist väljuv 20 kV pinget muundada trafo abil 110 kV pingeks, et saaks teostada liitumine Eleringiga 110 kV nimipingel. Samuti ehitatakse alajaama ka juhtimishoone, mille sees asub jaotusseade päikesepargi juhtimiseks ning omatarbe trafo, et oleks võimalik koha peal elektrit tarbida.

2. PÄIKESEPARGID EESTIS JA NENDE MÕJU KESKKONNALE

Päikeseparke leidub tänapäeval juba väga paljudes kohtades. Sellest peatükis käsitletakse päikeseparke Eestis kui ka välismaal ning, milline on päikeseparkide mõju keskkonnale.

2.1 Päikesepargid Eestis

Päikesepargid on viimasel ajal suurt melu tekitanud, aga mis need üldse endast kujutavad? Päikesepark on koostatud mitmest erinevast süsteemist, mida jagatakse neljaks põhikomponendiks: alusraamistik, päikesepaneelid, võrguinverter ja kaablid, mis ühendavad kahte viimast. Päikeseparkide puhul on võimalik luua nii iseseisvaid (off-grid) kui ka võrguga ühendatud (on-grid) süsteeme, säilitades samas nende põhikomponentide struktuuri [13].

Päikeseparke saab ehitada maa peale kui ka hoonete katusele või külge. Maapealsed päikeseelektrijaamad on ideaalsed lahendused hajaasustusega piirkondadele. Ettevõtted kui ka eraisikud saavad tõsta nii oma kasutusega maa väärtust, paigaldades sinna päikeseelektrijaama. See on tulus ja jätkusuutlik äri võimalus maapiirkondades [12]. Regioonist sõltuvalt soovitatakse paigaldada päikesepaneelid maapinna suhtes umbes 35-40-kraadise nurga all, sest see tagab suurima võimaliku aastase tootlikkuse. Tänu kõrgele päikese kiirguse tasemele ja madalatele temperatuuridele saavutavad päikesepargid suurima hetke toodangu tavaliselt märtsis ja aprillis soojema kliimadega maades. Eestis toodavad päikesepargid tavaliselt kõige rohkem elektrit mais, sest sel ajal on päevad küllalt pikad ning temperatuur madalam kui näiteks juunis-juulis. Madalam temperatuur, ehk 10-20 kraadi, et päikesepark ei peaks ennast pidevalt jahutama, võib tõepoolest aidata tõsta päikesepaneelide efektiivsust. Energiat on võimalik toota ka pilves ilmaga, kuna päikese kiirgus jõuab päikesepaneelideni ka läbi pilvede, kuigi tootlikkus võib olla madalam kui selge taeva korral [2]).

Päikesepaneelide paigaldamisega peab arvestama ka erinevaid asjaolulisi. Päikesepaneelid on taastuvenergia tootmiseks üks populaarsemaid lahendusi kogu maailmas. Eestis on päikesepaneelide kasutamine viimastel aastatel kiiresti kasvanud. Kuigi Eesti asub geograafiliselt suhteliselt kõrgel laiuskraadil, on siin päikeseenergiat siiski piisavalt, et muuta päikesepaneelid atraktiivseks alternatiiviks energiatootmiseks. Kuid nagu eespool mainitud, on päikeseenergia tootmiseks palju tegureid, mida tuleb arvestada, et tagada süsteemi maksimaalne efektiivsus. Esiteks on oluline paneelide paigutus ja varjutus. Varjud paneelide peal võivad märkimisväärselt vähendada paneelide võimsust, seega tuleb arvestada kõigi võimalike varjudega, mis võivad päikesepaneelidele langeda. Samuti on tähtis paneelide puhastamine, kuna mustus võib vähendada paneelide võimsust kuni 5%. Tavaliselt puhastavad paneelid iseennast sademete abil, kuid kui paneelid on väga määrdunud, võib olla vajalik paneelide puhastamine spetsiaalsete vahenditega. Lume koristust võib teha, kuid sellel ei ole mõtet, sest kulu on suurem kui tulu. võivad vähendada süsteemi kasumlikkust. Paneelide võimsus sõltub ka temperatuurist. Optimaalse tootlikkuse saavutamiseks tuleks paneelid paigutada kohtadesse, kus temperatuur on võimalikult madal. Eesti kliimas on rannikualad ja saared sobivamad, sest seal on tuuline ja seetõttu saavad paneelid paremat jahutust. Samuti on pilvkatte vähesem esinemine kui sisemaal. Paneelide tootlikkuse vähenemine on tavaliselt seotud kaablite, inverterite ja varjutusest tulenevate kadudega. Seetõttu on süsteemi projekteerimisel oluline arvestada kõigi võimalike kadudega ja leida

lahendused nende vähendamiseks. Optimaalne paigutus, vahekaugus ja suunamine võivad oluliselt suurendada süsteemi efektiivsust [14].

Päikeseelektrijaama tasuvusaeg sõltub suurel määral toetustest, mis on jaamade rajamisel oluline tegur. Toetusi on kahte tüüpi: investeeringutoetused ja toodangu toetused. 2020. aasta seisuga on need kaks toetust vastastikku välistavad, ehk kui rajamiseks kasutada investeeringutoetust, siis toodangu toetust ei ole võimalik saada. Investeeringutoetus vähendab jaama tasuvusaega hinnanguliselt 30%. Tehnoloogia areng ja nõudluse kasv on viimastel aastatel oluliselt vähendanud päikeseelektrijaamade rajamise maksumust, mis omakorda on lühendanud nende tasuvusaega ja muutnud päikeseenergia konkurentsivõimelisemaks ning tasuvamaks. Eraldiseisvad, 0,5 MW võimsusega ja 100% võrku tootmisele suunatud jaamad on võimalik Eestis rajada maksumusega 500-550 €/kW. See tagab tasuvusaja oluliselt alla 10 aasta, kui kasutada tootmispõhist toetust ja laenukapitali. Riiklikud toetused ja tehnoloogia maksumuse vähenemine olid ajendiks, miks 2018. aastal rajati Eestisse suuremaid kui 200 kW ja võrku müümisele suunatud tootmisjaamu. Toodangutoetuse muudatused 2018. aastal ja 2020. aasta lõpu seisuga, mil toetust enam automaatselt alla 1 MW jaamadele ei eraldata ning toodangu eest ei anta enam automaatselt toetust, muudavad ainult elektrimüügi eesmärgil rajatavad jaamad mittetasuvaks investeeringuks. Siiski on ettenähtud võimalused toodangu põhise toetuse saamiseks vähempakkumise kaudu, mis soodustab eelkõige jaamu, kus enamus energia tarbitakse kohapeal. Päikeseelektrijaama rahavooge saab vaadata läbi kolme finants komponendi: säästmine, müügitulu ja taastuvenergia toetuse laekumine. Säästmine seisneb elektri võrgust ostmise, võrgutasude ja maksude pealt säästmises. Müügitulu tekib kohapeal kasutust mitte leidva energia müügist võrku börsihinnaga. Taastuvenergia toetust saab aga kogu toodangu eest [1].

2.2 Eesti päikeseelektrijaamade arendamine ja päikesekiirguse tingimused

Eestis saab ühe ruutmeetri kohta keskmiselt 969,2 kWh päikeseenergiat aastas, mis on võrdne 3489 MJ-ga. Kui kasutada 15% kasuteguriga PE-elektrit, siis saab aastas toota 145,4 kWh/m² elektrit. Päikselisel Saaremaal saab 1 kW süsteem võrku toota kuni 910 kWh aastas, samal

ajal kui pilvistel aladel, nagu Lõuna-Eesti, on see 880 kWh aastas. 2011. aastal oli Saaremaal Roomassaares päikesepaistet 2440 tundi ehk 54% võimalikust, samas kui kõige vähem päikesevalgust oli Raplamaal Kuusikul 1977. aastal – ainult 1124 tundi ehk 25% võimalikust (riigi ilmateenistus). Tüüpiline päikeseelektrijaam Eestis on mikrotootja, mille võimsus jääb alla 11 kW. Odavaim paigalduslahendus on trapetsplekist viilkatus, mis maksab umbes 12 000 eurot pluss käibemaks. Mihkel Mahlapuu uuris oma kaitstud magistritöös "Päikeseelektrijaama toodangu simulatsioon ja majanduslik analüüs" ning leidis, et linnatingimustes asuvate hoonete puhul võib päikesepaneelide paigaldamine olla tasuv, kui suhe lõpphinda ja paigaldatud võimsuse vahel on umbes 1,2 eurot vati kohta ning päikeseelektrijaama tasuvusperiood on umbes seitse aastat. Hinnakujundus koosneb päikesepaneelidest (60%), paigaldustöödest (14%), võrguinverterist (15%) ja kinnitus- ja elektritarvikutest (11%). Vastavalt 2018. aasta andmetele maksab 10 kW võimsusega päikeseelektrijaama paigaldamine viilkatusele umbes 700 eurot kilovati kohta. Siinkohal tuleb märkida, et eramajade liitumislepingud võrguettevõtjaga tavaliselt ei sisalda liitumistasu, mis võib muidu olla umbkaudu 300 eurot. Samuti on vajalik kohaliku omavalitsuse heakskiit hoone tehnosüsteemide muutmiseks. Paigaldustööde hulka kuuluvad elektriprojekti koostamine, Elektrilevi liitumistaotluse ja AS-i Elering taastuvenergia toetuse taotluse esitamine, päikesepaneelide paigaldamine, elektritööd ning elektripaigaldise nõuetekohasuse tunnistus. Kui otsustate paigaldada päikesepaneelid katusele, peate kindlasti arvestama katuse ehitusliku seisukorra ja elueaga. Tuleb mees pidada, et korralikult ehitatud 10-kilovatine päikeseelektrijaam, mille hind on 14 400 eurot (koos käibemaksuga), võib vastu pidada kuni 40 aastat (kuna Eestis pole seni kogemusi, siis tuleb arvestada eeldusega) [14].

2.3 Päikeseпаркide mõju keskkonnale

Esiteks kasutades taastuvat energiat anname puhtama keskkonna tulevastele põlvedele. Suurem vastutustunne ulatub kaugemale pelgalt taastuvenergia tootmise ülesandest. Eesmärk on tagada puhtam keskkond ja aidata kaasa CO₂ jalajälje vähenemisele kogu maailmas. Kui rohkem inimesi hakkab tootma ja tarbima taastuvenergiat, siis paiskub vähem süsihappegaasi õhku. Eesmärk on arendada taastuvenergia lahendusi, mis tagavad piisava taastuvenergia

elektri tootmine tulevikus. Laiem rohelise energia kasutamine, näiteks transpordis, elamutes ja põllumajanduses, on kõige lihtsam viis süsinikdioksiidi jalajälje vähendamiseks [2].

116 varasemat teadustööd päikesepaneelide mõju kohta keskkonnale on läbi vaadanud Arizona State University teadlased. Nende hinnangul võivad päikesepaneelid linnaruumi märkimisväärselt soojendada ning seetõttu tuleb hoolikalt kaaluda, kuhu neid paigutada. Lisaks võivad päikesepaneelid mõjutada ka nende enda tööd. Professor David Sailor juhtimisel töötanud teadlased rõhutavad, et edasistes uuringutes tuleks rohkem tähelepanu pöörata sellele, kuidas kõige efektiivsemalt peegeldada tagasi need päikese valguse lainepikkused, mida praegu ei kasutata elektri tootmiseks. Physics World vahendab, et see on oluline selleks, et tagada päikesepaneelide tõhus toimimine ja vältida võimalikke kõrvalmõjusid. Sailoril sõnul on päikesepaneelide energiabilanss palju keerulisem kui seni arvatud ning nende mõju linnakeskkonnale on mitmetahuline. Päikesepaneelide soojendav mõju sõltub sellest, millega neid võrrelda ning musta värvi katusele paigaldatud päikesepaneelide soovimatu kõrvalmõju linna õhutemperatuurile on väiksem kui valgele katusele paigaldatud päikesepaneelil. Enamiku praeguste paneelide tõhusus jääb vaid 16-20 protsendi kanti ning ülejäänud energia muudab paneelid kuumaks, mis võib võrreldes ümbritseva keskkonnaga tekitada olulist lisasoojust. Paneelide paigaldamisel oma aluspinnast kõrgemale tekib keskkonda kaks kuuma pinda, mis haaravad õhust kaasa rohkem soojust kui üksnes soe katus või maapind.

David Sailor on öelnud, et päikesepaneelide mõju keskkonnale on mitmetahuline ning selle mõistmiseks on vaja rohkem uuringuid. Tema sõnul on oluline kaaluda päikesepaneelide paigaldamist hoolikalt ning leida võimalusi nende soojendava mõju vähendamiseks. Näiteks võib kaaluda paneelide paigaldamist valgetele katustele või nende katmiseks spetsiaalsete materjalidega, mis vähendavad soojenemist. Samuti tuleks uurida võimalusi päikesepaneelide kombineerimiseks taimkattega, mis aitaks vähendada kuumenemist ning toetaks ka elurikkust. Sailor rõhutab, et päikesepaneelid on siiski oluline osa taastuvenergia tootmisest ning nende mõju keskkonnale ei tohiks olla takistuseks nende kasutamisele, vaid pigem tuleks leida lahendusi nende keskkonnamõju vähendamiseks. Eelnevad mudeluuringud näitavad, et päikesepaneelid võivad päeva jooksul keskkonda jahutada. Sailoril arvates on aga neis uuringutes valesti kirjeldatud päikesepaneeli ja eiratud tõsiasja, et nad võivad kütta ümbritsevat keskkonda nii oma pealis- kui ka aluspinnaga. See mõjutab ka linnainimeste majade jahutamist. Varasemad tööd on näidanud, et päikesepaneelide paigaldamine maja katusele vähendab aasta jooksul konditsioneerile kuluvat energiakulu. Päikesepaneelid pakuvad otsese päikesevalguse eest varju ja katusepinnani ei jõua palju päikeseenergiat.

Kuumades paikades, nagu Phoenixi linn USA Arizona osariigis, on päikesepaneelide mõju majadele veelgi halvem. Kuigi nad varjavad maju päevase otsese kiirguse eest, takistavad need öisel ajal katusel neeldunud energial ilmaruumi hajumast ega lase katusel öösel jahtuda. See tähendab, et öösel kulub elamul konditsioneeril tööks hoopis rohkem energiat. Kõrgem õhutemperatuur võib mõjutada ka paneelide tõhusust, kuna tavalisel ränipõhisel päikesepaneelil on temperatuurikoefitsient, mis sõltub paneeli pinnatemperatuurist. Mida soojem on paneeli pind, seda väiksem on selle tõhusus. Temperatuuri tõustes langeb päikeseelemendi tõhusus iga kraadi kohta umbes neli protsenti. Sailor ei ütle oma töö tulemuste valguses, et päikesepaneelid oleksid halvad. Vastupidi, võitluses kliimasoojenemisega on need olulised. Siiski võiks paneelid disainida nii, et need peegeldaksid kasutat päikeseenergiat praegusega võrreldes tõhusamalt. Näiteks võiks luua päikesepaneelide pinnakatted, mis hästi peegeldavad või kiirgavad ära soojusenergiat, mis on salvestunud neisse lainepikkustesse, mida praegused paneelid ei kasuta. Uute materjalide tehnoloogiate abil saaks luua uue põlvkonna päikesepaneele, mis oleksid tõhusamad, jäädes ise samal ajal jahedamaks [11].

Päikesepaneelid on üha populaarsemaks muutunud. Paneelid paigaldatakse tavaliselt maapinnale või katustele ning nende tootlikkus sõltub päikese valguse intensiivsusest ja ilmastikutingimustest.

Maas asuvate päikesepaneelide mõju keskkonnale võib olla nii positiivne kui ka negatiivne, sõltuvalt mitmest tegurist. Positiivne mõju tuleneb peamiselt sellest, et päikesepaneelid kasutavad taastuvat energiaallikat ning seega aitavad vähendada fossiilkütuste kasutamist ja süsinikuheitmeid. Lisaks sellele võivad päikesepaneelid aidata vähendada elektrivõrgu koormust, kuna need toodavad elektrit kohapeal ning ei sõltu elektrivõrgust.

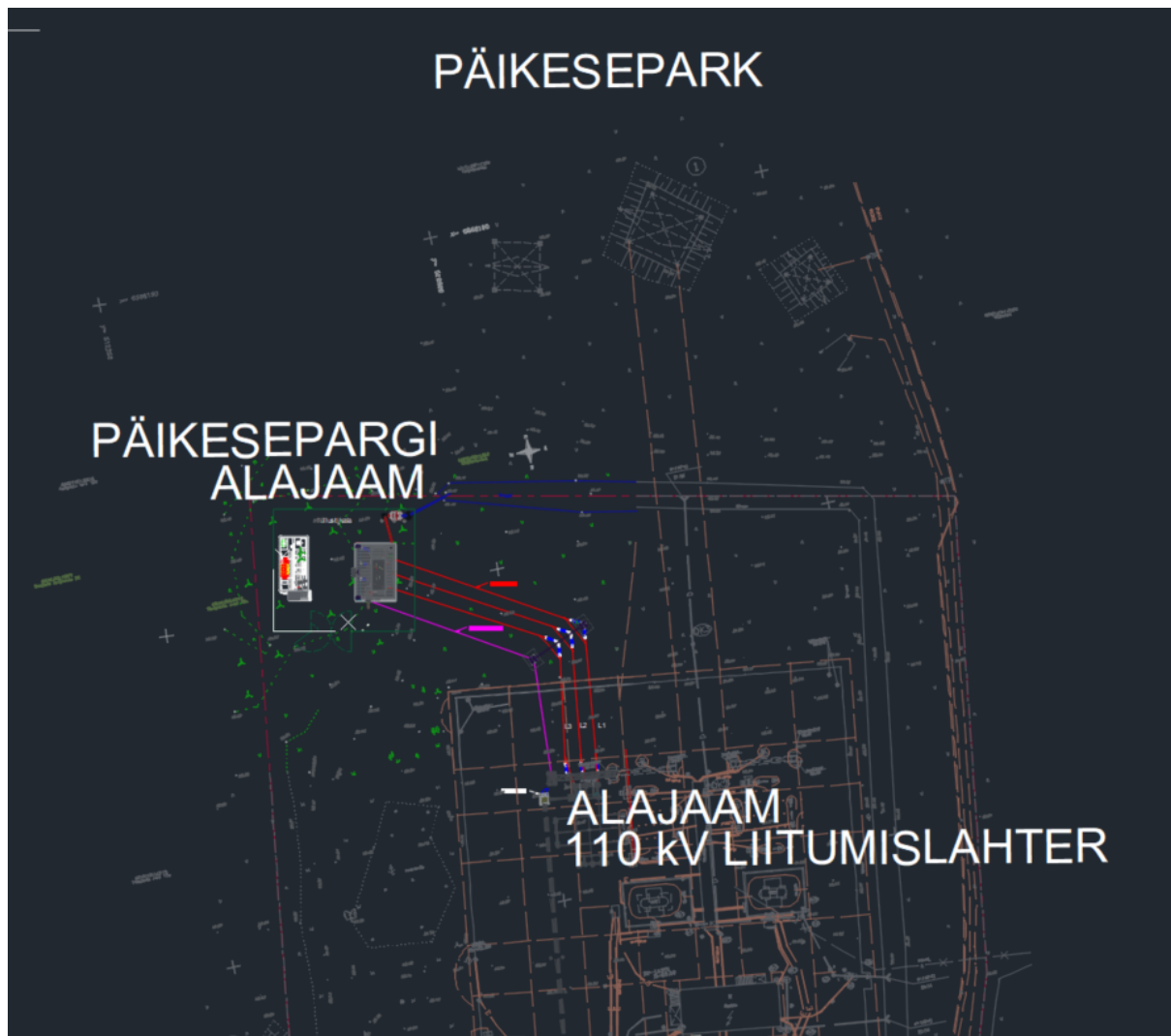
Negatiivne mõju võib tuleneda eelkõige sellest, et päikesepaneelide tootmine ja paigaldamine nõuab suuremat energiakulutust kui nende kasutamine aja jooksul ära tasub. Samuti võib päikesepaneelide paigaldamine mõjutada maastiku visuaalset ilmet ning mõnel juhul ka looduslikku elupaika. Kuid negatiivne mõju võib olla vähem märgatav kui fossiil kütuste kasutamisest tulenev keskkonnamõju [3].

Päikeseparkide ehitamine mõjub keskkonnale positiivselt ning aitab jätta planeedile väiksema jalajälje, kuid see siiski ei ole keskkonnale ka ainult positiivne, vaid seal esineb ka kitsaskohti, mis on eespool ette loetletud.

3. PRIMAARSKEEM JA ÜLEVAATE PLAAN

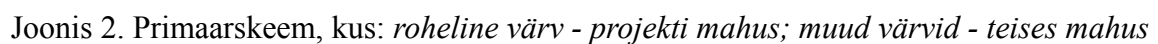
Selleks, et päikesepargist saaks hakata müüma elektrit võrku, tuleb liituda Eleringi alajaamaga. Antud projekti lähteülesandeks on soov ehitada 14 MW võimsusega päikeseпарк. Päikesepaneelide kaablid koonduvad komplektalajaamadesse, kust väljuvad 20 kV maakaablid suunaga alajaama, kus teostatakse liitumine. Eleringiga liitumine teostatakse pingel 110 kV, seega tuleb pinget muuta jõutrafoga. Vajalik on liitumisalajaam ehitada. Eesmärgiks on valmis projekteerida nõuetekohane alajaama projekt, mille järgi on võimalik ehitada valmis alajaam.

Plaaniline ülevaade asukohtadest (Joonis 1):



Joonis 1. Asendiplaan

Lahendus primaarskeemil (Joonis 2):



4. JÕUTRAFO

Jõutrafo on staatiline seade, millel on kaks või enam mähist, mis elektromagnetilise induktsiooni abil muudab vahelduvpinge ja -voolu süsteemi teiseks pinge- ja voolusüsteemiks. Tavaliselt ühelt väärtuselt teisele, kuid sama sagedusega [6].

Trafo valimisel on lähtutud standardist ning Eleringi nõuetest. Liitumine Eleringi tuleb 110 kV nimipingel ning päikesepargi poolt tuleb 20 kV. Päikesepargi võimsus antud ette kliendi poolt 14 MW. Standard trafo, mis kataks ära meie vajadused on võimsusega 16 MVA ning talitluspinged 115/21 kV.

Trafode ehituslikku poolt ning toimimise üksikasju kajastavad standardid IEC 60076 ja IEC 61378 [6].

Projekteerimisel kui ka ehitamisel tuleb võtta arvesse kliendi, töövõtja, kasutaja, omaniku, tarnija, tootja huve ning omavahelisi kokkuleppeid.

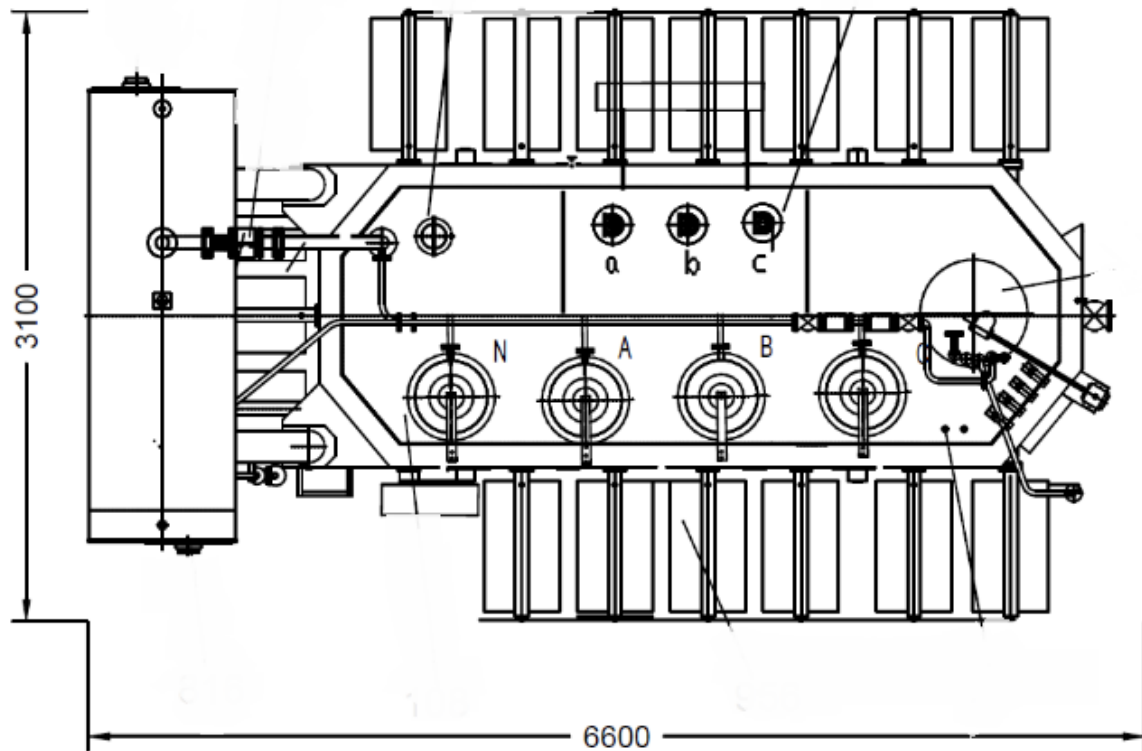
Elektripaigaldised ja seadmed peavad vastu pidama olenevalt asukohast elektrilistele, mehaanilistele, ilmastikulistele ja keskkondlikele mõjudele.

Seadme asukoha selekteerimisel peab arvestama järgmiste punktidega:

- 1) juurdepääs ehitus-, hooldus- ja käitamistoimingute võimaldamiseks
- 2) kogukonna mõju, sealhulgas tundlike asukohtade lähedus, visuaal, müra, mugavused ja liiklus
- 3) keskkonnamõju, sealhulgas saastamise, ventilatsiooni, fauna ja floora arveses võtmine
- 4) topograafia, maavärinatsoonide, murdjoonte, üleujutuste, soode, laviinide või maalihete mõjuga
- 5) pinnase tingimused, sealhulgas soojus- ja elektrieritakistus ning pinnase saastumine
- 6) krundi mõõtmed
- 7) liinikoridorid
- 8) asukoha turvalisus [4].

Kui kõik nõuded ja vajadused on tehtud kindlaks saadetakse välja päringud erinevatesse trafo tootmisega tegelevatesse ettevõtetesse. Selgitatakse välja, kes suudab kõige paremini vajadused täita ning samal ajal konkureerida ka hinnaga.

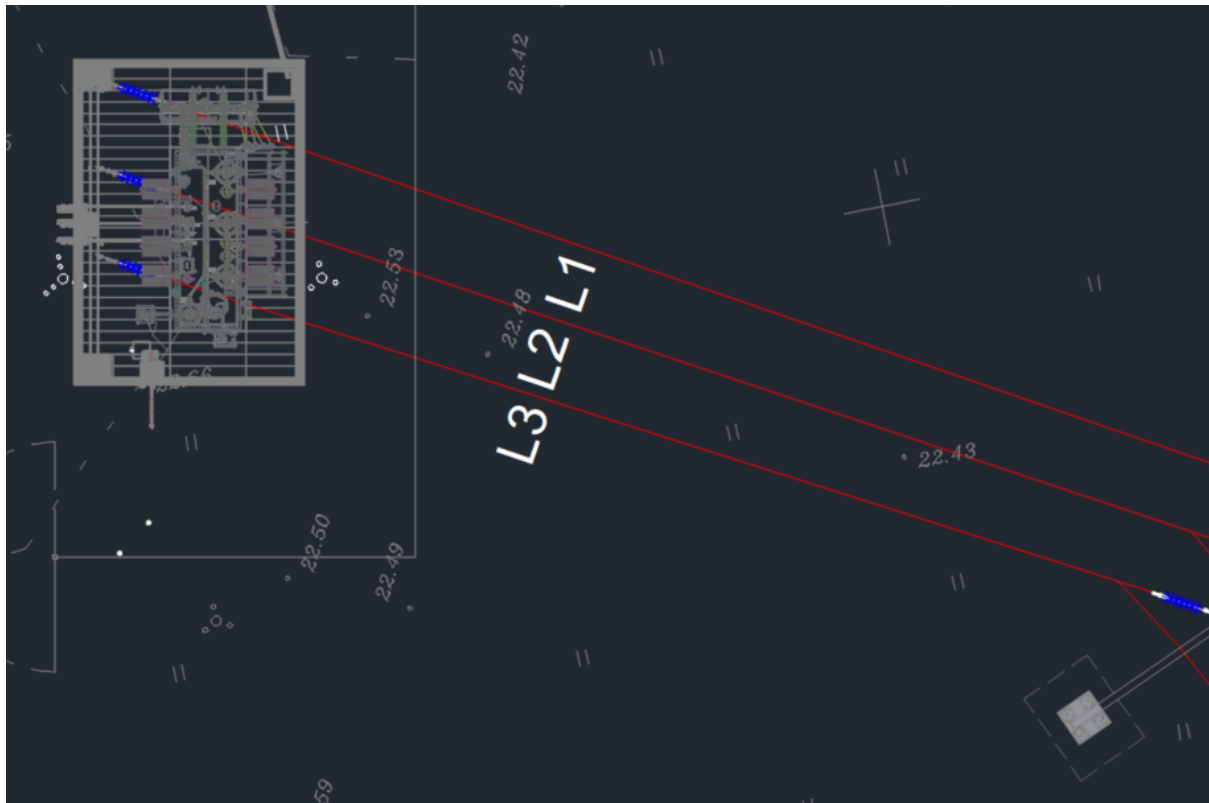
Kätte saadud esialgsed trafot tutvustavad joonised tootjalt, kes pakkus kõige paremaid tingimusi. Trafo pealtvaates (Joonis 3):



Joonis 3. Trafot tutvustav joonis, kus: *N* - neutraal; *A* - 110 kV faas 1; *B* - 110 kV faas 2; *C* - 110 kV Faas 3; *a* - 20 kV faas 1; *b* - 20 kV faas 2; *c* - 20 kV faas 3

Esimese asjana oleks vajalik panna trafo asendiplaanile ning selgitada välja sobivus ja kas oleks vaja midagi muuta.

Esialgne trafo asetus asendiplaanil. Nähtaval on faseering õhuliini juhtmetel ning trafo vundamendi eskiis (Joonis 4):



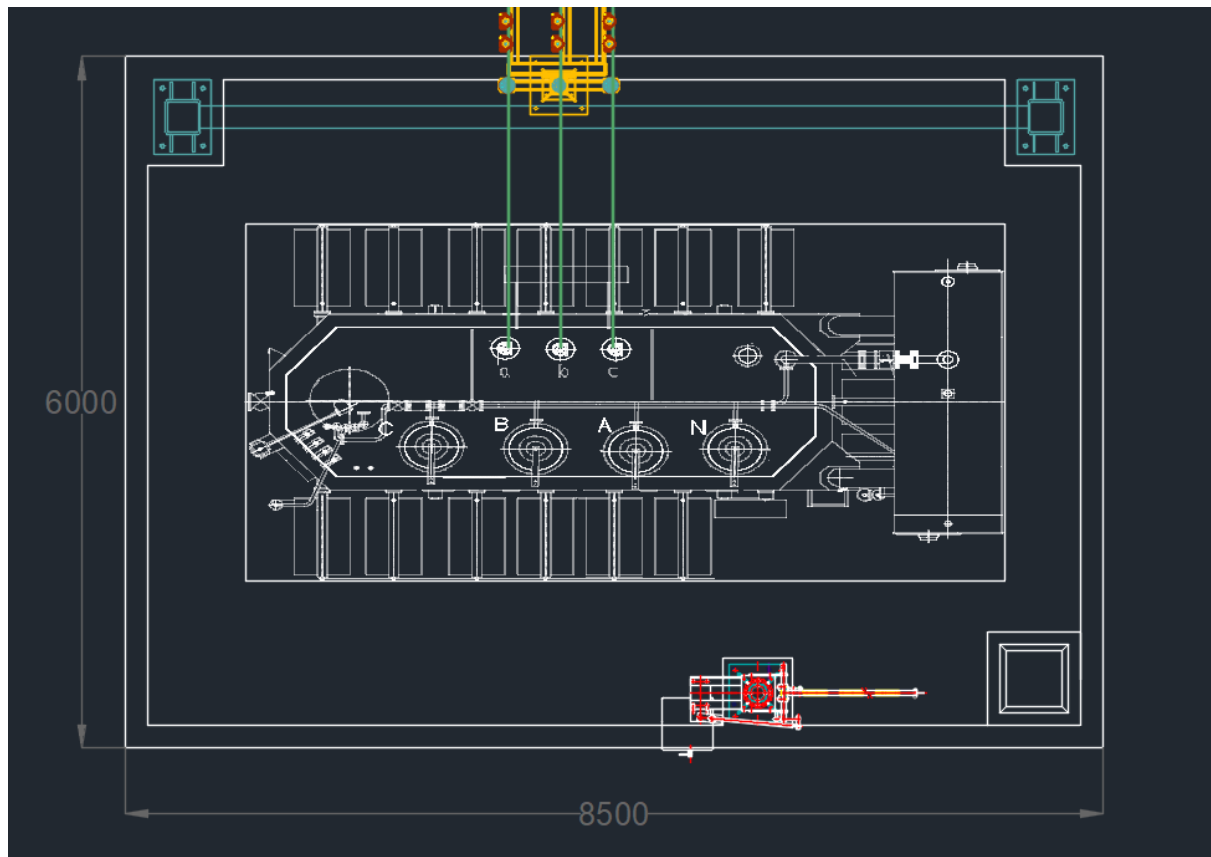
Joonis 4. Trafole õhuliiniga pealetulek, kus: *punane - juhe*

Plaanilt selgub, et esialgse paigutusega trafo puhul on 110 kV läbiviigud risti faseeringuga. Õhuliini juhtmed, mis tulevad alajaama poolt on risti vastupidi trafo läbiviikudega ning see tekitab juhtmete paigaldamisel probleeme. Kindlasti oleks vaja edasta tehasele soov panna läbiviigud peegelpilti - ehk siis esialgne vasakult paremale A, B, C tuleks asendada vasakult paremale C, B, A.

Saadud kätte trafo tehasele vastus, et läbiviike on võimalik panna peegelpilti, saab hakata esialgse joonise järgi projekteerima ning paika panema trafole vundament, mis läheb ehitusprojekti ehitusloa jaoks. Arvestada tuleb mõõtudega 6600 mm pikkus ja 3100 mm laius. Need on esialgsed mõõdud ning mõistlik oleks projekteerida vundament mõningase varuga, sest trafo tööjoonistel võivad mõõdud vähesel määral muutuda. Trafo vundamendile tuleb veel lisada koht neutraali maanduslülile, 20 kV kaablite muhvide konstruktsioonile, portaalile ning reovee äravoolule.

Esialgne lähteülesande joonis ehitusprojekteerijale, mis läheb ehitusloa jaoks kasutusse (Joonis 5). Lähteülesanne sisaldab seadmeid, mida on vaja paigutada vundamendile ning selle järgi projekteerib ehitusprojekteerija detailse vundamendi plaani. Joonisele lisatud portaal, konstruktsioon 20 kV kaablitele, maanduslüliti ning reovee äravool.

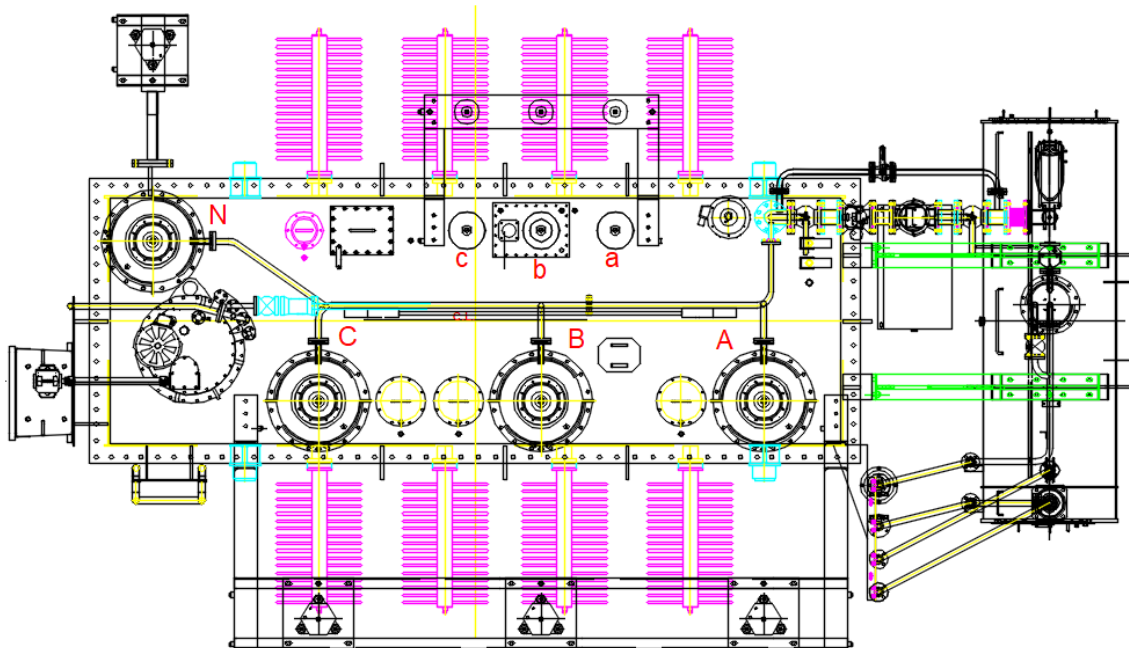
Ehitusprojekti jääb trafo vundament mõõtudega 6000 mm x 8500 mm.



Joonis 5. Trafovanni lähteülesanne ehitusprojekteerijale

Pärast esialgsete trafo jooniste kinnitamist ning mõne aja möödumist hakkab tehas tegelema trafo lõplike jooniste projekteerimisega. Kehtivate tööjooniste saabudes selgub, et tegelikkuses tuleb trafo koguni 700 mm laiem ja 200 mm pikem. Teiseks on tõstetud neutraal keskpinge poolele, seega tuleb neutraali maanduslüliti asukoht ümber tõsta.

Lõplik trafo tööjoonis pealtvaates, mis tehaselt saabus (Joonis 6):

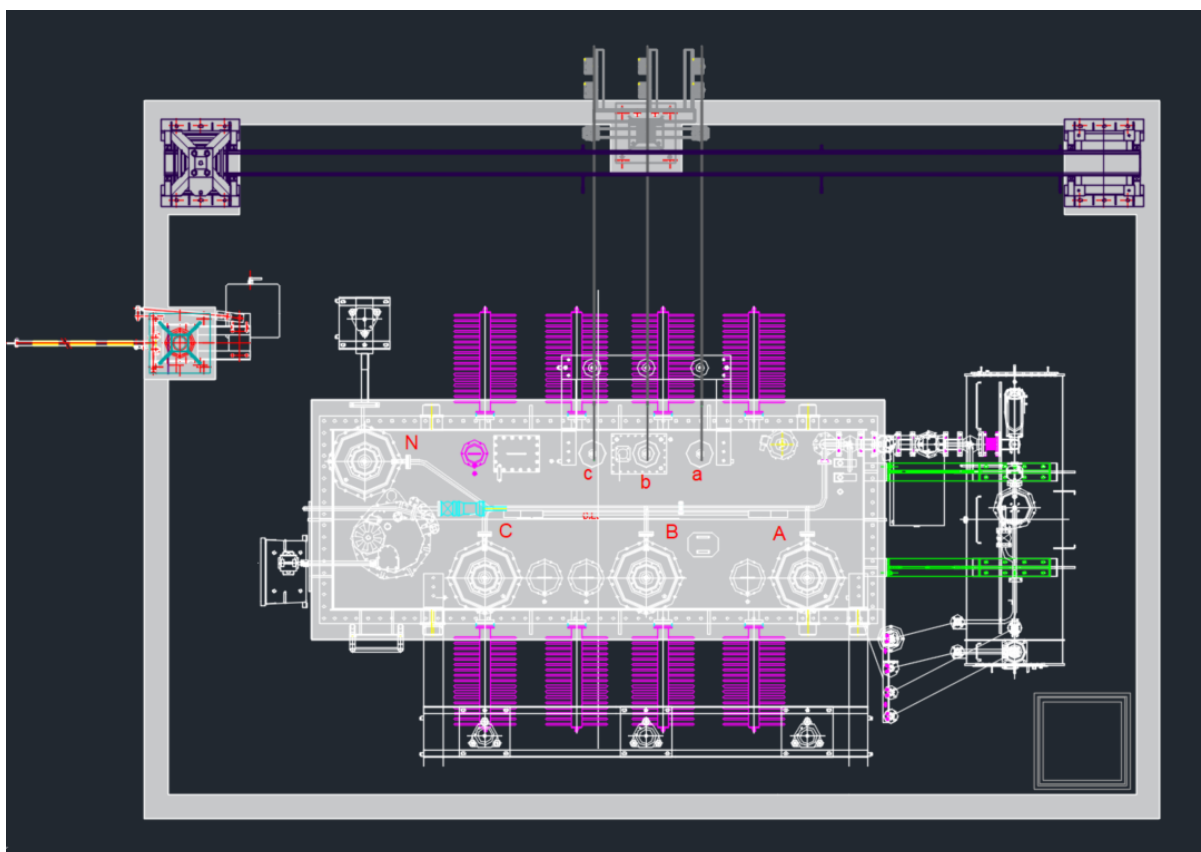


Joonis 6. Trafo pealtvaates

Tuleb teha uus lähteülesanne ehitusprojekteerijale koos uue asukohaga maanduslülitile ning 20 kV kaablite konstruktsioonile ning jääb järgi oodata uue lõpliku vundamendi joonise tööprojekti ja see siis kanda plaanidele.

Lõplik lahendus jõutrafoost ning vundamendist, mis läheb töösse. Maanduslülitilt toodud külje peale, et oleks võimalikult lihtne ühendus teha neutraaliga ning 20 kV kaablite konstruktsioon nihutatud tsentrisse 20 kV läbiviikudega.

Pealtvaade (Joonis 7):

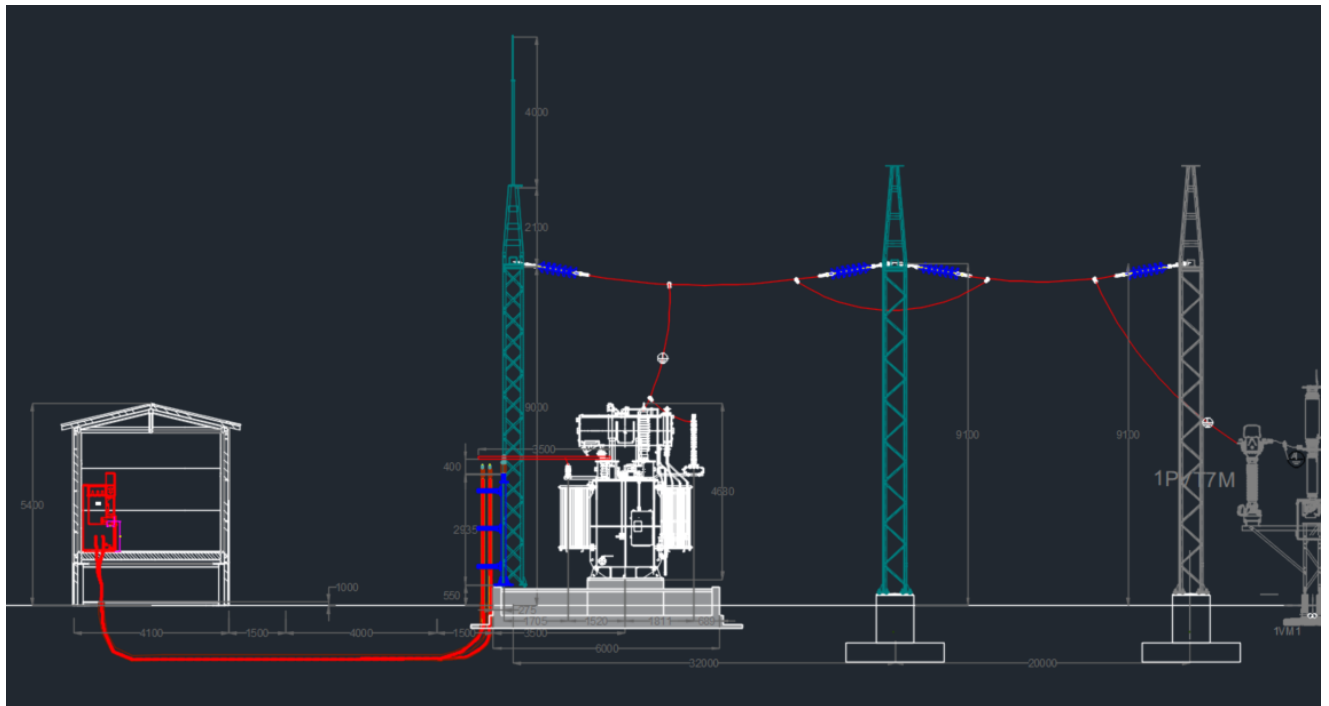


Joonis 7. Trafo vundamendil pealtvaates

5. ELEKTRIJUHID

Alajaama ehitamiseks on vajalik kasutada elektrilisi juhte. Ülesandeks on teha vajalikud arvutused ning valida juht, mis vastab elektrilistele parameetritele ning oleks majanduslikult mõistlik. Antud projektis tuleb kasutusele 110 kV pingel alajaama lahtrist trafoni õhuliin. Antud projekti mahus ehitatakse trafo vanni vundamendi peale tuleb portaal, üks vaheportaali ja teise projekti mahus ehitatakse 110 kV liitumislahtri portaali. 20 kV pingel hoones olevast jaotusseadmest trafoni tehakse ühendus maakaablitega. Muhvide jaoks ehitatakse trafovanni vundamendi peale metallist konstruktsioon. Muhvid viiakse täpselt tsentrisse 20 kV trafo läbiviikudega, seega läbiviikudeni on sinna kõige mõistlikum paigaldada lattiin.

Lahendus lõikel (Joonis 8):



Joonis 8. Elektrijuhid lõikel

Juhtme ristlõike arvutamiseks on vaja lähtuda trafo maksimaalset võimsusest ning pingest.

Trafo maksimaalne võimsus on 16 MVA. Juht on vaja valida nii 20 kV pingega poolele kui ka 110 kV pingega poolele, seega peame tegema 2 arvutust. Vool (A) leitakse valemiga (1).

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}, \quad (1)$$

kus I - arvutatud vool, A;

S - trafo maksimaalne võimsus, MVA;

$\sqrt{3} \times U$ - kolmefaasiline pinge, V;

Vool 20 kV pingel:

$$\frac{16000}{1.73 \times 20} = 462 \text{ A}$$

Vool 110 kV pingel:

$$\frac{16000}{1.73 \times 110} = 84 \text{ A}$$

Lisaks voolule tuleb juhi valimisel arvesse võtta ka liitumispunkti lühisvoole. Toodud välja väärtused Eleringi poolt edastatud tarbimiskoha elektrilistest parameetritest (Tabel 1).

Tabel 1. Tarbimiskoha elektrilised parameetrid.

Lühisvoolud maanduskontuuri ja puutepingete arvutamiseks	Base kV 110,00 Ph-Ph (63,51 @0 deg A-Gnd) Prefault 1,070 V (p.u.) @ 0,00		
	3lo	10	kA
	t	1	s
Maksimaalne lühisvool koos liituvate generaatoritega	I(3)k	5,168	kA
	R	4,378	Ω
	X	12,398	Ω
Minimaalne lühisvool	I(3)k	1,172	kA
	R	20,418	Ω
	X	54,277	Ω
Tüüpiline lühisvool	I(3)k	4,497	kA
	R	5,195	Ω
	X	14,188	Ω

Juhtme valimisel peame arvestama maksimaalse lühisvooluga I(3)k. Käesolevas projektis on maksimaalseks lühisvooluks 5,168 kA (Tabel 1).

5.1 Õhuliini juhtme valimine

Teades vajalikku voolu ning lühisvoolu saab hakata valima sobivat juhet. Valikut saab teha näiteks Prysmian Groupi Draka kataloogi põhjal (Tabel 2).

Arvutatud maksimaalne koormusvool on 110 kV pingel korral on 84 A ning lühisvool, millega peab arvestama on 5,168 kA.

Tabel 2. Väljavõtte Draka kaablikataloogist.

Tootenimi	Traatide arv (alumiinium/teras)	Juhtme läbimõõt [mm]	Ristlõike pindala [mm ²]	Kaabli mass [kg/km]	Suurim lubatud lühisvool 1 s jooksul**, [kA]
ACSR 34/6 SPARROW	6/1	8,1	39,5	137	3,7
ACSR 54/9 RAVEN	6/1	10,1	62,4	216	5,8
ACSR 85/14 PIGEON	6/1	12,8	99,3	344	9,2
ACSR 242/39 HAWK	26/7	21,8	281	976	26,1
ACSR 305/39 DUCK	54/7	24,1	344	1151	32,5
ACSR 565/72 FINCH	54/19	32,9	637	2123	60,1

Tootenimi	Alalisvoolutakistus (20°C) [Ω/km]	Minimaalne katketugevus [kN]	Lõppelastsusmoodul [N/mm ²]	Lineaarpaisumistegu [N/mm ²]	Lineaarpaisumistegur [1/k]	Lubatud koormusvoolud õhus* [A]
ACSR 34/6 SPARROW	0,848	12,2	64000	78000	19,2x10 ⁻⁶	210
ACSR 54/9 RAVEN	0,536	17,11	64000	78000	19,2x10 ⁻⁶	280
ACSR 85/14 PIGEON	0,337	24,13	64000	78000	19,2x10 ⁻⁶	360
ACSR 242/39 HAWK	0,120	84,9	61000	75500	19,2x10 ⁻⁶	745
ACSR 305/39 DUCK	0,0949	96,8	50000	67000	19,3x10 ⁻⁶	845
ACSR 565/72 FINCH	0,0512	174	46000	63000	19,3x10 ⁻⁶	1250

Kõige paremini sobib tabelist ACSR 54/9 Raven. Tabeli andmete põhjal on näha, et ACSR 54/9 suurim lubatud lühisvool on 5,8 kA. See ületab käesolevas projektis nõutud 5,168 kA varuga ning sobib. Juhtme lubatud maksimaalne vool on 280 A ja ületab mitmekordselt koormusvoolu, milleks oli 84 A.

Tegelikkuses läheb ehituses kasutusse juhe ACSR 120/20, sest seda tüüpi juhe on jäänud üle eelnevast projektist ning see seisab laos kasutusest. ACSR 120/20 puhul on tegu väga üle dimensioneeritud juhiga, mida oleks võimalik kasutada palju suuremate voolude ja lühisvoolude korral. Siiski leiti, et lisakulutuste tegemine on uue juhtme ostu näol on ebavajalik ja kasutusse läheb suurema ristlõikega juhe.

5.2 Lattliini valimine

Lattliini valimiseks on kasutatud ABB poolt välja antud raamatut “Switchgear Manual” 10th edition ning see põhineb standardil DIN 43670 [8].

Maksimaalne koormusvool, mida latt taluma peab on 462 A. Antud projektis kasutatakse alumiiniumist lattliini, sest see on soodsam kui vask. Kasutada on võimalik mitmeid erinevat mõõtu lattliine. Toodud välja raamatust väärtused [8]:

AL 40x10 - maksimaalne koormusvool 677 A,

AL 50x5 - maks. koormusvool 556 A,

AL 50x10 - maks. koormusvool 815 A,

AL 60x5 - maks. koormusvool 655 A,

AL 60x10 - maks. koormusvool 951 A,

Nagu näha, siis materjali paksus koormusvoolu talumisel on oluline. Laiusega 40 mm ja paksusega 10 mm latt talub rohkem koormusvoolu kui laiusega 50 mm ja paksusega 5 mm. Kõik eelmainitud latid sobivad, seega võib kasutada täpselt sellist latti, mis on majanduslikult ning kättesaadavuse poolest kõige mõistlikum. Antud projektis on selleks valitud alumiiniumist latt 60 mm lai, 5 mm paks.

6. PIKSEKAITSE

Ei ole olemas tehnoloogiat ega meetodeid, mis suudaksid takistada välgulahenduste teket. Välg, mis tabab ehitist või selle lähedal asuvaid objekte või juhtmeid, kujutab endast ohtu inimestele, ehitistele, selles paiknevatele esemetele ja seadmetele, samuti ehitistega seotud juhtmetele. Sellepärast on piksekaitsemeetmed hädavajalikud, et vähendada välgu poolt tekitatavat kahju [7].

Kaitstava ehitise täieliku kaitsmise saavutamiseks tuleks ümbritseda see maandatud, sobiva paksusega ja hästi juhtiva ekraaniga, mis on katkematu ning teha sobivad potentsiaaliühtlustused ehitise ja sellega seotud liinide ekraani sisenemise punktides. See takistab välguvoolu ja sellega kaasneva elektromagnetvälja tungimist kaitstavasse ehitisse ning aitab ennetada voolu termilist ja elektrodünaamilist ohtu, samuti ohtlikku sädelust ja liigpingeid süsteemides. Ekraani liiga väikese ristlõike ja/või tema ebakorrekse paigalduse tagajärjed võivad olla oht elule, füüsilised vigastused ja süsteemide vigastused. [7].

6. 1 Piksekaitse arvutamine

Alajaama piksekaitse arvutamiseks tuleb välja selgitada kaitsetsooni kõrgus. Alajaama kõige kõrgem punkt on hoone katuse hari 5,4 meetri kõrgusel. Kuna projektis on trafo vannil portaal, siis majanduslikult kõige soodsam oleks lisada portaali otsa piksekaitse vardad. Kui piksekaitse varrastega portaalis arvutus välja ei tule, peab ehitama eraldi vundamendil piksekaitsemasti, mis oleks suurem kulu ajaliselt kui ka majanduslikult.

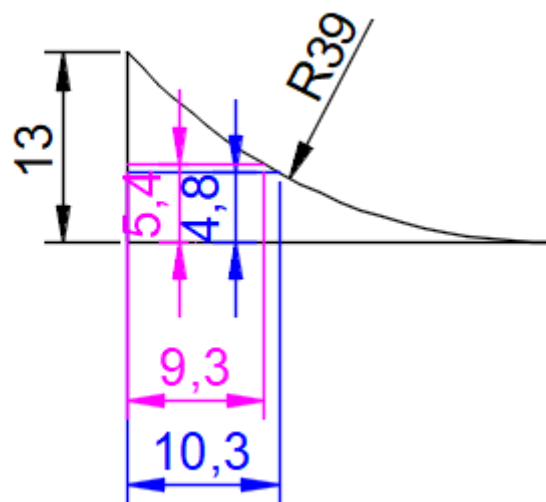
Üksik piksevarras moodustab kaitsetsooni, mis on koonusekujuline ja see läbib piksevarda tippu raadiusega $3H$ [4].

Joonisel saadud raadius on võetud kõrguselt (hx) ning seejärel võetud kaitsetsooni raadius rx . Trafovanni portaali traavers on 9 m kõrgusel. Kõige pikemad piksekaitse vardad, mida standardselt pakutakse on 4 m kõrgused. Pikemaid vardaid toota on keeruline, sest varda diameeter on väike.

Kuna portaal on trafole vahetus läheduses ja selle katame ära, siis tuleb vaadata kaugemaid punkte. Antud juhul tuleb jälgida hoonet.

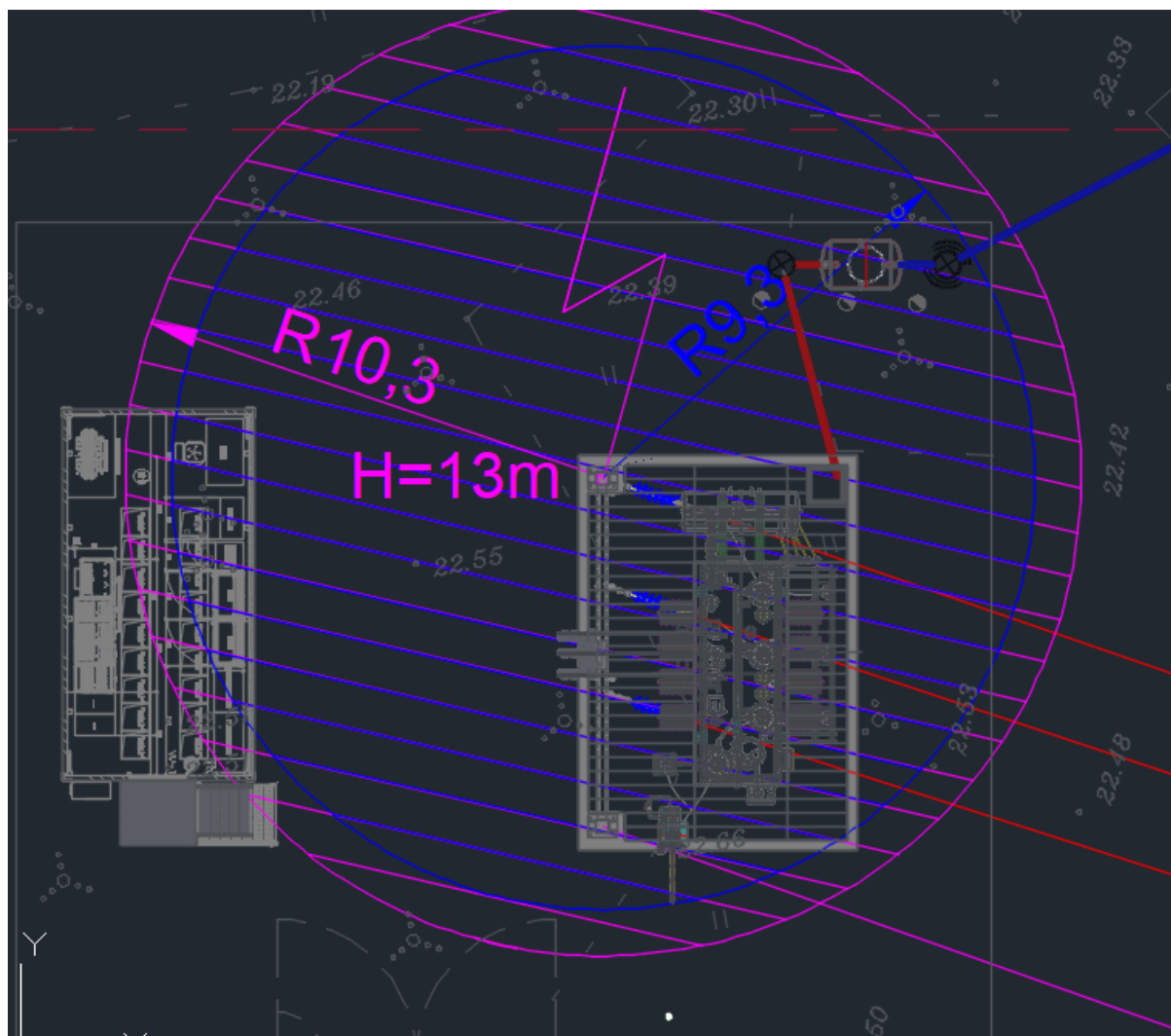
Kõigepealt proovitakse kas $9 + 4 = 13$ m kõrguselt piksekaitse kataks kõik vajalikud kohad alajaamas ära.

Arvutusse võetakse aluseks kaitsetsooni raadius 5,4 m kõrgusel, mis on hoone kõrgeim punkt ning 4,8 m kõrgusel, mis on hoone kaugeim punkt (Joonis 9).



Joonis 9. Arvutusmeetod esimene katse

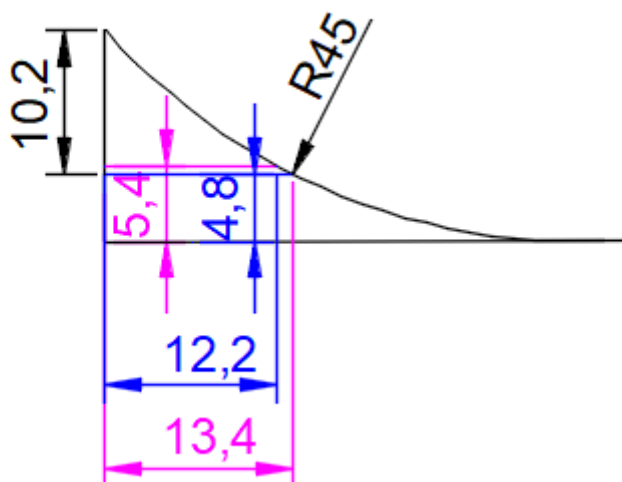
Kantakse tulemused joonisele, et näha kas piksekaitse on tagatud (Joonis 10):



Joonis 10. Arvutusmeetodi esimese katse tulemus plaanil, kus: *roosa* - piksekaitse kõrgusel 5,4 m; *sinine* - piksekaitse kõrgusel 4,8 m

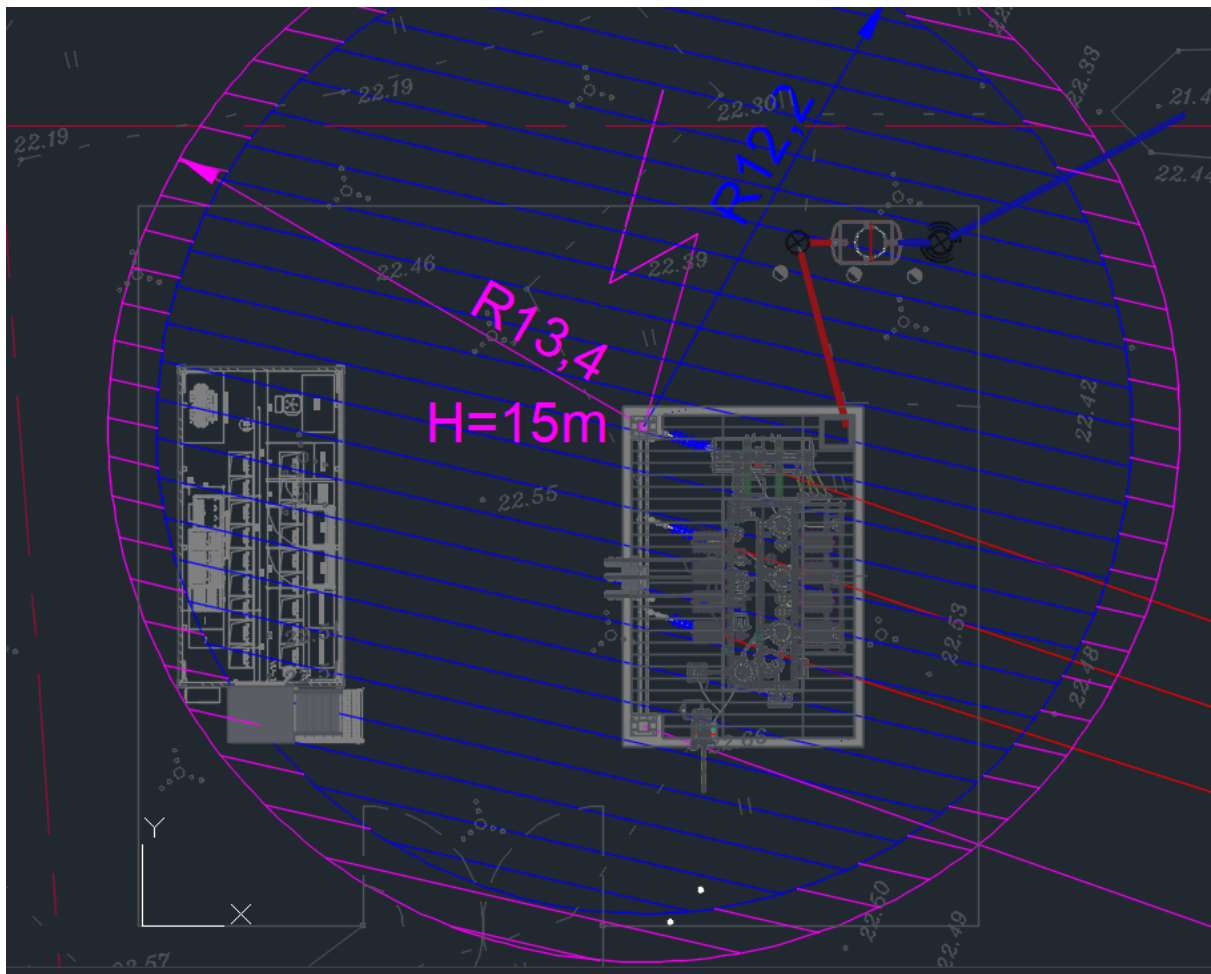
Jooniselt on võimalik välja selgitada, et hoone ei ole kaetud piksekaitse tsooniga. Kuna üritatakse vältida lisakulude tekkimist piksekaitsemasti näol võib proovida veel portaali traaversile ehitada pikendav lisakonstruktsioon, et saaks 4 m piksekaitsevarda tõsta kõrgemale. Kulude minimeerimiseks on parem, kui juurde ehitatav konstruktsioon on võimalikult väike. Antud olukorras on projekterija kogemuste põhjal võimalik öelda, et 1 m lisamine piisavat tulemust ei anna, seega proovitakse lisada 2 m lisakonstruktsioon traaversile.

Arvutus kõrgema piksekaitsega (Joonis 11).



Joonis 11. Arvutusmeetod teine katse

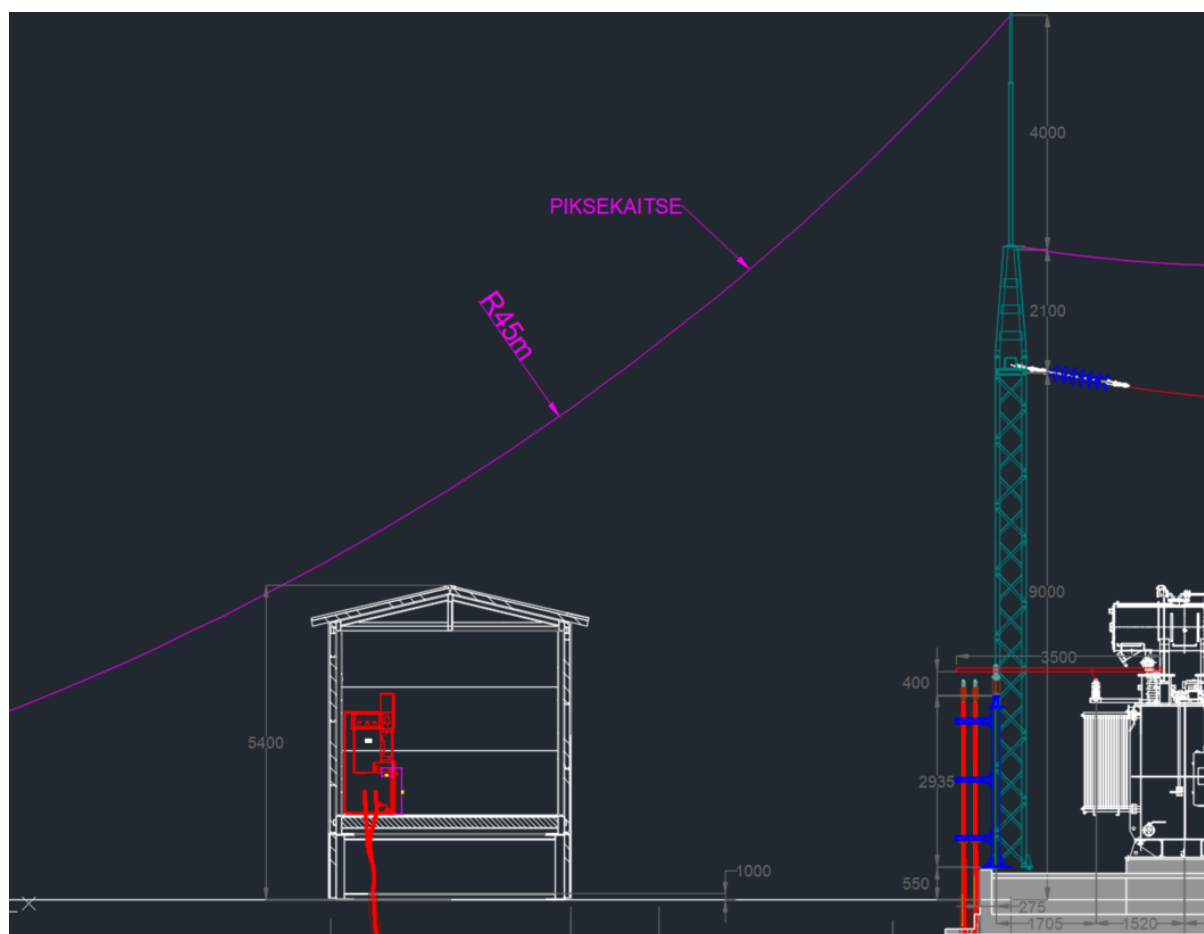
Kantakse tulemused uuesti joonisele (Joonis 12):



Joonis 12. Arvutusmeetodi teise katse tulemus plaanil, kus: *roosa* - piksekaitse kõrgusel 5,4 m; *sinine* - piksekaitse kõrgusel 4,8 m

Nüüd on kaetud ka hoone kaugeim punkt piksekaitse tsooniga ning eraldi piksekaitsemasti välja ehitamist antud alajaam ei vaja.

Lahendus lõikel (Joonis 13):



Joonis 13. Lõige piksekaitse lahendusest, kus: *roosa* - *piksekaitse*

7. VÄLISVALGUSTUS

Selleks, et inimesed saaksid tõhusalt ja täpselt tööd teha välistöökohtadel on vajalik projekteerida ja ette näha korralik valgustus. Projekteeritava valgustuse nõudmised kujunevad välja võttes arvesse töö liiki ja kestust [5].

Lisaks valgustustihedusele on hea tava ka rahuldada muud kvalitatiivsed ja kvantitatiivsed vajadused.

Nõuded hea valgustuse jaoks on seatud arvesse võttes kolme inimese põhivajadust:

- 1) nägemismugavus
- 2) visuaalne toiminguvõime
- 3) ohutus [5].

Projektis käsitletavas alajaamas lähtutakse valgustuse arvutamisel standardist. Toodud välja parameetrid, millest lähtuda (Tabel 3).

Tabel 3. Väljavõte standardist [5].

Esitus-number	Piirkond, töö või tegevus	$\overline{E}_m$ lx	U_o	R_{GL}	R_a	Erinõuded
5.11.1	Jalakäijate liikumine elektriliselt ohututel aladel	5	0,25	50	20	
5.11.2	Teenindustööriistade käsitsemine, söe käitlemine	20	0,25	55	20	
5.11.3	Üldülevaatus	50	0,40	50	20	
5.11.4	Üldhooldustööd ja mõõteriistade lugemine	100	0,40	45	40	
5.11.5	Elektriseadmete remont	200	0,50	45	60	Kasutada kohtvalgustust

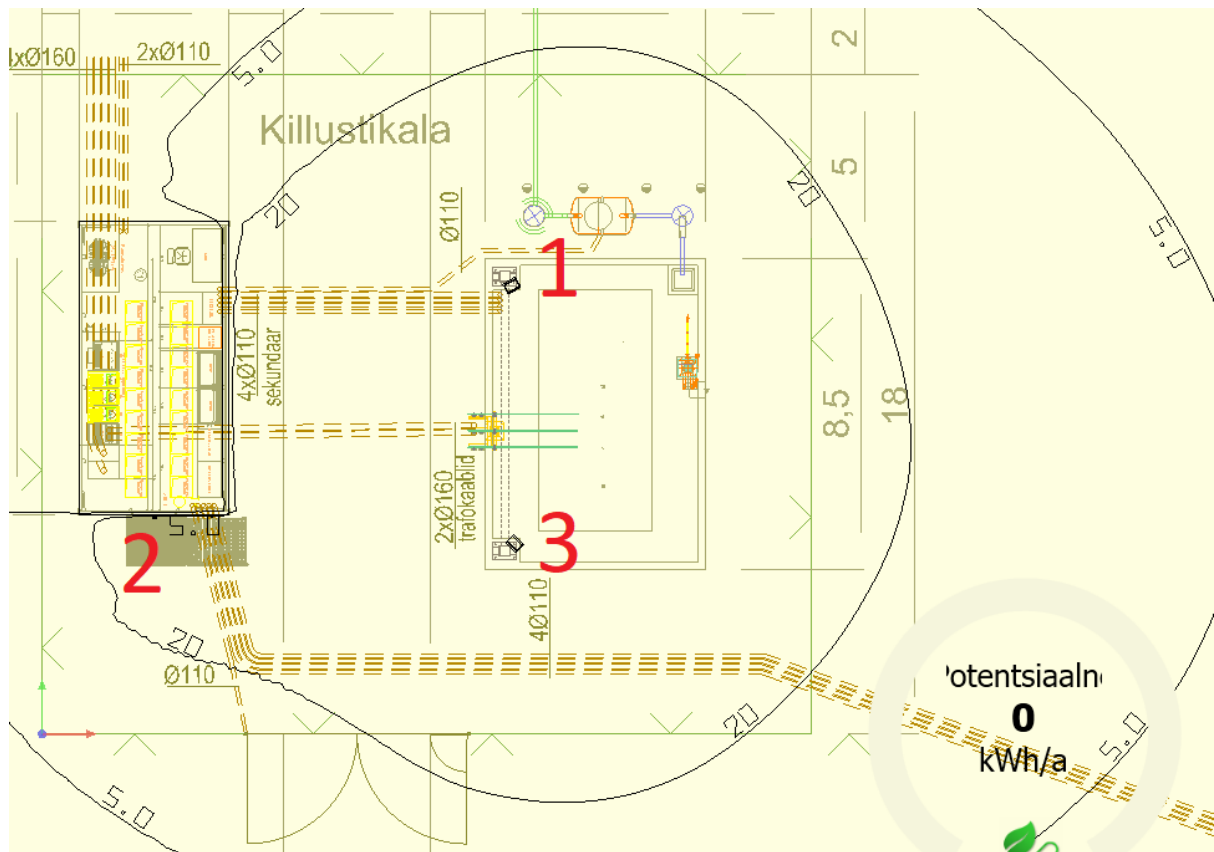
Vaadatakse punkte 5.11.1 ja 5.11.2, sest eesmärgiks on tagada turvaline jalakäijate liikumine ja teenindustööriistade käsitsemine. Elektriseadmete remondiks ja hoolduseks kasutatakse kohtvalgusteid, mis seatakse vajadusel teenindava personali poolt üles. Ülesandeks on tagada valgustihedus 20 lx seadmete teenindamist vajavate kohtade juures ning 5 lx ohutuks liikumiseks.

7.1 Valgustuse arvutamine

Arvutamiseks on kasutatud programmi DIALux evo.

Täpselt nagu piksekaitse puhulgi oleks kõige optimaalsem lahendus ära kasutada trafo vundamendil asuvat portaali, et vältida lisakulutusi eraldi valgustuse jaoks mõeldud posti näol. Kui suudame ära valgustada vajalikud kohad valgustitega portaali küljes, siis elimineerime lisakulutused töö, vundamendi ja posti näol.

Paigutatud on üks 100 W LED valgusti trafoportaali külge 12 meetri kõrgusele ja hoone ukse kohale 20 W liikumisanduriga valgusti ning vaadatakse, kas nõuded täidetakse (Joonis 14).



Joonis 15. Valgustusarvutuse esimene katse plaanil, kus: 1 ja 3- *Boreas CM LED1x11100 E058 T840, 100 W*; 2 - *PHILIPS BVP150 LED17 NW SWB MDU; 230 VAC, 20 W*

Valgustid 1 ja 3 saab sisse-välja lülitada jalgvärava kõrval posti küljes asuvast lülitist ning hoone ukse kõrval asuvast lülitist. Valgusti 2 on liikumisanduriga.

Tagatud on 20 lxi trafo ümbruses, mis oli eesmärgiks. Tagatud on ka vajalik 5 lxi ohutuks liikumiseks. Joonise üleval vasakul nurgas hoone kõrval aia nurgas ei ole 5 lxi tagatud, kuid antud olukorras ei ole seal mitte midagi. Sinna ei ole vaja minna ning seal ei ole ühtki seadet, mis vajaks teenindamist.

8. MAANDUSKONTUUR

Kui kõrgepinge- ja madalpinge-maanduspaigaldised asuvad üksteise vahetus läheduses ja nende vahel ei ole laia maandussüsteemi, võib kõrgepingevõrgu maanduspinge üle kanduda madalpingevõrku. Selleks kasutatakse kahte meetodit: kõrgepinge- ja

madalpinge-maanduspaigaldiste ühendamine, kõrgepinge- ja madalpinge-maanduspaigaldise üksteisest lahutamine. Eelistatud lahendus on kokkuühendamine.

Maanduspaigaldis, selle komponendid ja potentsiaaliühtlustusjuhid peavad suutma taluda rikkevoolu reservkaitse toimimise ajal ilma oma soojuslikke ja mehaanilisi lubatud piirväärtusi ületamata ning juhtima selle ohutult maasse.

Maanduspaigaldis peab kestma ettenähtud kasutusea, arvestades mehaanilisi koormusi ning korrosiooni.

Maanduspaigaldis peab olema konstrueeritud selliselt, et see ennetab seadmete kahjustusi, mis võivad tekkida liigse potentsiaalitõusu, potentsiaalide erinevuste maanduspaigaldise ulatuses ning liigsetest vooludest kõrvalahelates.

Maanduspaigaldis peab koos sobivate meetmetega nagu potentsiaali juhtimine ja paikne isoleerimine hoidma sammu- ja puutepinge ning kandunud potentsiaali kaitseleede ja lülitite normaalse toimimisaja kestel lubatud piirides.

Maanduspaigaldis peab hoidma sammu- ja puutepinge lubatud piirides [4].

Lisaks standardile on jälgitud ka Eleringi nõudeid hanke lähteandmetest dokument “*350 High voltage substation earthing and overvoltage protection_2020-09-10*” [9].

Seadmetega varustatud aladel maanduskontuuri alad maksimaalselt 10x10 m, tühjadel aladel või tuleviku ehitisteks jäetud aladel 20x20 m.

Aiaga paralleelselt peab jooksuma maanduskontuur 1 m kaugusel väljaspool aeda, aed peab olema ühendatud kontuuri külge iga 50 m tagant ning igast nurga- ja väravapostist. Värava ees peab olema maanduskontuur 1 m ulatuses värava lahtisest olekust.

Trafo ja hoone all peab olema lisaks potentsiaaliühtlustuse rist.

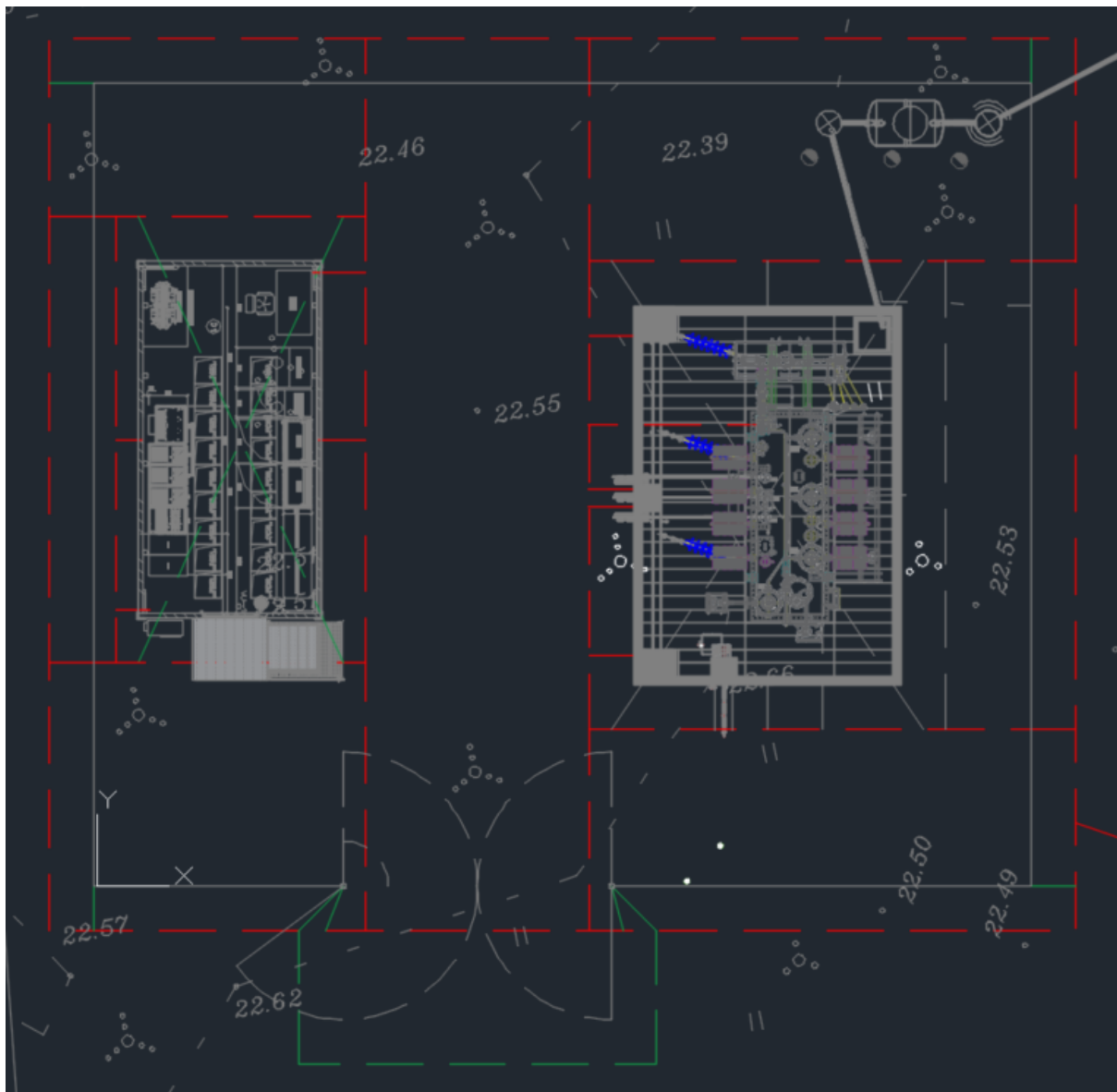
Kõik metallist alajaama osad peavad olema ühendatud maanduskontuuriga vähemalt kahest punktist.

Maandusjuhi ristlõige 10 kA, 1 s korral 50 mm² [9].

8.1 Maanduskontuuri arvutamine

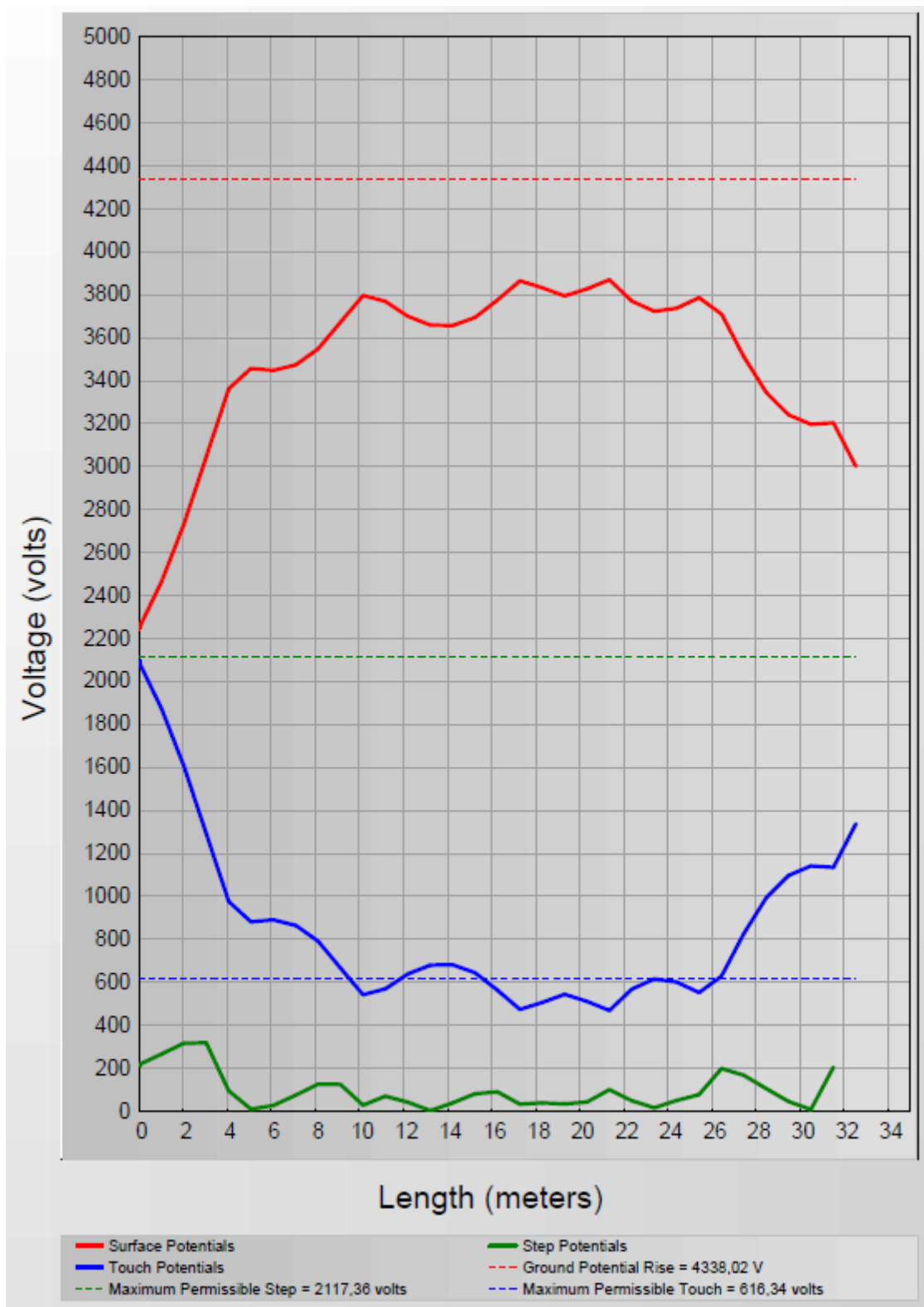
Lühisvoolud maanduskontuuri ja puutepinge arvutamiseks on antud Eleringi poolt 10 kA (vt Tabel 1.) Arvutamiseks on kasutatud programmi CYMGRD. Esimese asjana tuleb visandada asendiplaanile esialgne maandusvõrk ning siis programmiga kontrollida, kas nõuded on tagatud.

Maanduskontuuri eskiis plaanil pealtvaates (Joonis 16):



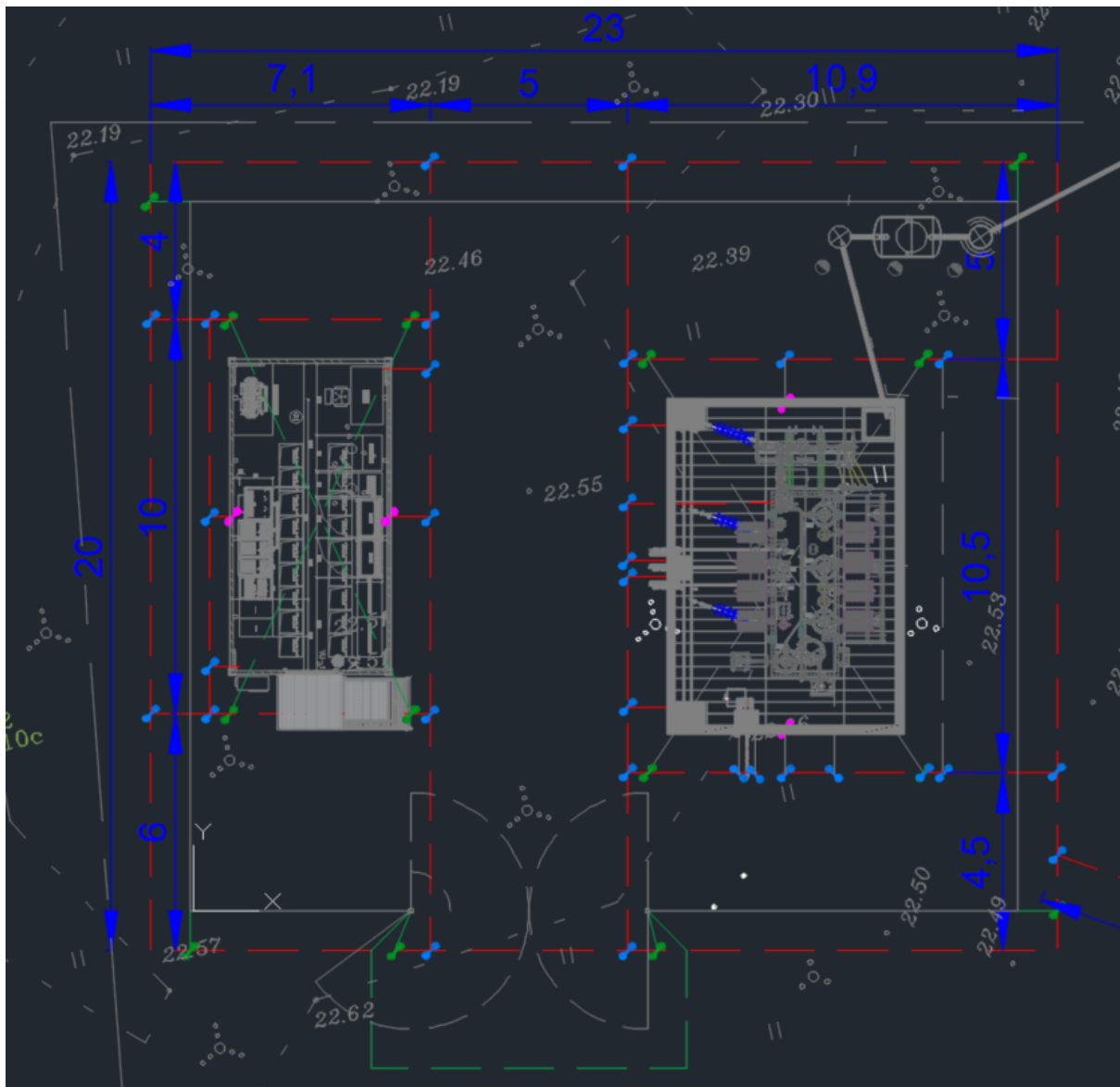
Joonis 16. Maanduskontuuri eskiis, kus: *punane* - 50 mm² maanduskontuur;
tumeroheline - 25 mm² maanduskontuur

Lähteandmed kantud programmi, tulemus (Joonis 17):



Joonis 17. Maanduskontuuri arvutus graafik, kus: *punane* - *pinnapotentsiaalid*; *sinine* - *puutepinged*; *roheline* - *sammupinged*

Graafikult on näha, et sammupingete ja pinnapotentsiaalidega probleeme pole (Joonis 17). Ainus murekoht on puutepingetega. Graafiku punktid asendiplaanile pannes on võimalik selgeks teha, et punktis, kus puutepinge läheb õrnalt üle lubatu ei ole ühtki seadet. Lisaks tuleb arvestada, et programmi ei ole sisse kantud käesoleva alajaama maanduskontuuri ühendus Eleringi alajaamaga, mis teeb kogu olukorra paremaks. Lisaks ei ole programmis tõusujuhtmeid. Lõplik lahendus koos klemmide ja mõõtudega asendiplaanil (Joonis 18):



Joonis 18. Maanduskontuuri plaan, kus: *punane* - 50 mm² maanduskontuur;
tumeroheline - 25 mm² maanduskontuur

KOKKUVÕTE

Lõputöös käsitleti päikesepargi liitumise alajaama projekteerimist. Lõputöö eesmärk oli luua standarditele, nõuetele ning tellija tingimustele vastav projekt, mille järgi on võimalik ehitada valmis terviklik alajaam.

Projekteerimisel kasutati tarkvarasi AutoCAD, DIALux ja CYMGRD.

Lõputöös toodi välja peamised suuremad etapid alajaama projekteerimisel. Kirjeldati jõutrafoga seonduvaid ülesandeid, piksekaitse lahendust, välisvalgustuse arvutamist ning maanduskontuuri valimist.

Projekti tegemisel sujus kõik peaaegu ootuspäraselt, autor sai juurde teadmisi alajaama projekteerimisest ning projekt valmis etteantud tähtpäevaks. Projekteerimist raskendas esialgse trafo joonise erinemine trafo tööjoonisest. Trafo vundament tuli teha ümber ning see võttis aega.

Lõputöö valmimise hetkel on valmis projekt, kuid ehitamisega veel ei ole alustatud.

SUMMARY

The thesis dealt with the design of the solar park connection substation. The aim of the thesis was to create a project that meets the standards, requirements, and conditions of the client, according to which it is possible to build a complete substation.

Softwares AutoCAD, DIALux and CYMGRD were used in the design.

In the thesis, the major stages in the design of the substation were pointed out. The tasks performed with the power transformer, the lightning protection solution, the calculation of the outdoor lighting and the selection of the earthing grid were described.

During the project went almost as expected, the author gained knowledge about substation design, and the project was completed by the given deadline. The initial transformer drawing differed from the detail design drawing, which made the design process difficult. The transformer foundation had to be redesigned, which took time.

At the time of completion of the thesis, the project is finished, but construction has not yet started.

KASUTATUD ALLIKAD

- [1] Artiklite kogum. (2020). *XIV magistrantide teaduskonverents inimene ja tehnoloogiad*.
Loetud aadressil:
<https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/5609/KOGUMIK2020x.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=37>
- [2] Enefit Green. (2023). *Päikeseenergia tootmine*. Loetud aadressil:
<https://enefitgreen.ee/paikeseenergia/tootmine>
- [3] EnergySage. (2020). *Ground Mounted Solar Panels: Top 3 Things You Need to Know*.
EnergySage. Loetud aadressil:
<https://news.energysage.com/ground-mounted-solar-panels-top-3-things-you-need-to-know/>
- [4] EVS-EN IEC 61936-1:2021. (2021). Tugevvoolupaigaldised nimivahelduvpingega üle 1 kV ja alalispingega üle 1,5 kV. Osa 1: Vahelduvpinge: Eesti standardimis ja akrediteerimiskeskus
- [5] EVS-EN 12464-2:2014. (2014). Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 2: Eesti standardimis ja akrediteerimiskeskus
- [6] EVS-EN 60076-1:2012. (2012). Jõutrafad. Osa 1: Üldist.
- [7] EVS-EN 62305-1:2011. (2011). Piksekaitse. Osa 1: Üldpõhimõtted. Estonian Centre for Standardisation: Eesti standardimis ja akrediteerimiskeskus
- [8] H. Gremmel. (2001). *Switchgear manual. 10th revised edition*. ABB.
- [9] L.Niidumaa. (2008). *350 High voltage substation earthing and overvoltage protection_2020-09-10*. Elering.
- [10] N. Álvarez. (2021). *Learn PV substation engineering and design automation with pvDesign*. Rated Power. Loetud aadressilt:
<https://ratedpower.com/blog/substation-engineering/>
- [11] Sailor, D. J., Anand, J., & King, R. R. (2021). Photovoltaics in the built environment: A critical review. *Energy and Buildings*, 252, 111479. Loetud aadressil:
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111479>
- [12] Smartecon. (2023). Loetud aadressil:
https://smartecon.ee/?gclid=CjwKCAiAl9efBhAkEiwA4TorijlHge4HMABEB2MRjM8-GS0RQekx2p_vXsO8FWIGKr_NGptM3OU-KRoCfOYQAvD_BwE
- [13] Solar 4 you. (2023). *Päikeseenergia*. Loetud aadressil:
<https://solar4you.ee/paikeseenergia/>

[14] Viiron, K. (2019). *Põlevad ja mittepõlevad energiaallikad*. Loetud aadressil:
<https://www.eby.ee/wp-content/uploads/2019/01/Ajakiri-2018-2019.pdf>