



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Prangli saare eramu elektrivarustus elektrivõrgust
Electricity supply of a private house from the power
network on the island of Prangli

ENERGIATEHNIKA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Allar Nurk
Üliõpilaskood: 178685
Juhendaja: Jüri Utt, lektor

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.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele

lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Allar Nurk (sünnikuupäev: 28.11.1989)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Prangli saare eramu elektrivarustus elektrivõrgust mille juhendaja on Jüri Utt,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

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

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Allar Nurk, 178685 EDJR

Õppekava, peeriala: EDJR16/17, Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine

Juhendaja(d): Lektor, Jüri Utt, juri.utt@taltech.ee

Konsultant: Janar Kubbi, Töödejuhataja

Empower AS, 56607557, Janar.kubbi@empower.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Prangli saare eramu elektrivarustus elektrivõrgust

(inglise keeles) Electricity supply of a private house from the power network on the island of Prangli

Lõputöö põhieesmärgid:

1. iseseisvalt töötada ja sihipäraselt kasutada oma õppekava raamides omandatud teadmisi
2. oma tööd korrektselt ja selgelt vormistada ning oma seisukohti esitada ja kaitsta
3. rakendusliku sisuga projekti eesmärgipärane läbiviimine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Projektiga tutvumine ning vajalike lubade ja kooskõlastuste taotlemine	05.02.21
2.	Materjalide transportimine ja ehitustööde nõuetekohane teostamine	26.03.21
3.	Objekti elektripaigaldiste mõõtmiste teostamine ja üleandmiseks vajaliku dokumentatsiooni koostamine	12.04.21

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "26"mai 2021a

Üliõpilane: Allar Nurk..... /allkiri/	"22"veebuar 2021a
Juhendaja: Jüri Utt..... /allkiri/	"22"veebuar 2021a
Konsultant: Janar Kubbi..... /allkiri/	"22"veebuar 2021a
Programmijuht: Veroonika Shirokova /allkiri/	"22"veebuar 2021a

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
ELEKTRIVARUSTUS PRANGLI SAAREL	10
1 NÕUDED	11
1.1 Maakaabelliinid	11
1.2 Liitumiskilp	11
1.3 Komplektalajaam	11
1.4 Maastiku ja teede taastamine	12
1.5 Ehitustööde dokumenteerimine ja järelvalve	12
1.6 Käidujuhend	12
2 TRANSPORT SAARELE	13
3 PÕHIMATERJALID JA SEADMED	14
3.1 Komplektalajaam	14
3.2 Trafo	15
3.3 Maakaabel	16
3.4 Liitumiskilp	17
4 TÖÖPROTSESSI ETAPID	18
4.1 Trassi kaevamine	18
4.2 Kaablikaitsetoru paigaldamine	19
4.3 Kaabli paigaldamine kaablivintsi abil	20
4.4 Alajaama paigaldus	21
4.5 Liitumiskilbi paigaldus	22
4.6 Keskpingeakaablile muhvide tegemine	23
4.6.1 Nõuded otsa- ja jätkumuhvide paigaldamisele	23
4.7 Masti paigaldamine ja toite ühendamine olemasoleva mastalajaamaga	24
4.8 UUE ALAJAAMA PINGESTAMINE	25
5 ARVUTUSTULEMUSED	26
6 KOKKUVÕTE	28
7 SUMMARY	29
8 KASUTATUD KIRJANDUS	30
LISAD	32
Lisa 1 Generaatorjõujaama skeem	33
Lisa 2 Liitumiskilbi joonis	34
Lisa 3 Lülitamiskava	35

EESSÕNA

Käesolevas lõputöös on antud ülevaade Elektrilevi OÜ poolt korraldatud hankekorras võidetud projektist, mis asub Harju maakonnas, Viimsi vallas, Kelnase külas. Projektiga on lahendatud kliendi liitumine elektrivõrguga madalpingel. Töö sisuks on vastavalt projektile KP ja MP trassi rajamine. HEKA 250 1VM tüüpi alajaama paigaldus koos trafoga ning kliendile ühekohalise LK paigaldamine. Lõputöö kirjeldab kogu tööprotsessi ja töö käigus ilmnenuid probleemidele lahenduste leidmist.

Siinkohal avaldan tänusõnad projekti elluviimisele kaasa aidanud professionaalsele meeskonnale, kõigile kolleegidele ja juhendajale, kes küsimuste korral nõustasid ning tellijale meeldiva koostöö eest materjalide ja mehhanismide transportimisel saarele.

Võtmesõnad: Prangli saar, keskpinge, alajaam, trafo, liitumiskilp

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

KP- keskpinge

MP- madalapinge

LK- liitumiskilp

kV- kilovolt

kW- kilovatt

kVA- kilovolt amper

kN- kilonjuuton

PEN- ühildatud kaitsemaandus- ja neutraaljuht

V- volt

Sn- trafo nimivõimsus V·A

Un- trafo nimipinge V

U_f - faasipinge V

$z_t^{(3)}$ - trafo kolmefaasiline näivtakistus lühise korral Ω

Ω - oom

$U_{k\%}$ - trafo lühispinge

S_t - trafo nimivõimsus kV·A

U - liinipinge V

Z- mõõdetud näivtakistus

I- vool

ΔU - pingelang

SISSEJUHATUS

Lõputöö teemaks on rakendusliku sisuga projekt "Prangli saare eramu elektrivarustus elektrivõrgust", kus klient tellis enda kinnistule elektriliitumise madalpingel riigi võrguettevõttelt Elektrilevi OÜ. Projekt on lahendatud selliselt, et rajada tuli ligi 1,5km keskpinge trassi, paigaldada uus HEKA 250 1VM tüüpi alajaam ning sealt edasi kliendile liitumiskilp. Keskpinge trassi rajamine oli vajalik selleks, et lähim madalpinge elektrivõrgu punkt asub kinnistust liiga kaugel. Seetõttu arvestades pingelangu, kaabli ristlõiget ja tulevikuperspektiivi jõutigi järeldusele, et kõige mõistlikum variant on uue alajaama ja keskpingekaabli paigaldamine. Teema valikul lähtusin eelkõige sellest, et saaksin koolis õpitud teoreetilisi teadmisi praktikas kasutada ja tutvuda tööde teostamisel erinevate materjalide ja töövõtetega. Lõputööks valitud projekti teeb kindlasti huvitavaks ka see, et objekt asub Viimsi vallas, Prangli saarel kuhu pääseb mandrilt väikese praamiga. Seetõttu oli vajalik äärmiselt põhjalikult läbi mõelda kogu tööprotsess alates materjalide ja mehhanismide transpordist, kuna saarel on võimalused vägagi piiratud. Tööprotsess nägi välja selliselt, et kõigepealt tuli taotleda vajalikud load ja kooskõlastused, materjalid ja mehhanismid transportida, geodeedi poolt ehitatava trassi asukohad maha märkida ning seejärel saime ehitustöödega alustada. Trassi rajamiseks kasutasime lahtise kaeviku meetodit. Takistuseks oli kaevamisel pinnasest välja tulnud vägagi suured kivirahnud, mida hilisemaks tagasitõiteks kasutada ei olnud sobilik. Olukorra lahendamiseks oli vaja organiseerida suurte kivide äravedu ja kaablitrassile liivapadja tegemiseks sobilik liiv, et ei oleks ohtu vigastada kaitsetoru ja kaablit. Kasutatud lähteinformatsiooniks oli Elektrilevi OÜ poolne projektdokumentatsioon. Lõputöö on üles ehitatud selliselt, et esmajärjekorras tutvustan Prangli saare elektrivarustuse lähiajalugu ja hetkeseisu. Seejärel tutvustan ehituseks kehtestatud nõudeid ja paigaldustingimusi. Lühikese ülevaate teen ka materjalide transportimisest mandrilt saarele. Järgmisena tutvustan peamisi ehituses kasutatud põhimaterjale ja seadmeid, mille hulka kuuluvad: komplektalajaam, trafo, kaabel, liitumiskilp. Lõputöö teises pooles räägin kogu tööprotsessi etappidest, alustades ehituse alustamiseks vajalikest taotlustest ja toimingutest ning sealt edasi juba paigaldusviisidest ja töös ettetulnud probleemide lahenduse leidmisest. Uue alajaama pingestamiseks saab parima nägemuse vaadates lisana kaasas olevat lülitamiste kava (vt. Lisa 3). Lisade alt näeb kõiki töös kasutatud elektriskeeme ja fotosid teostatud töödest.

ELEKTRIVARUSTUS PRANGLI SAAREL

Prangli saare ja mandri vahele paigaldati 2001. aastal 11 kilomeetri pikkune 10kV merealune elektrikaabel ning lisaks sellele ehitati saarel välja 2,5 kilomeetri pikkuses keskpinge elektrivõrku.[\[1\]](#) Prangli saart hakati varustama elektrienergiaga Jõelähtme alajaama 10kV Neeme fiidril, kuhu ühendati Ihasalu-Prangli 11,1 km pikkune merekaabel AHXAMKPJ-W 3x50. Prangli saare 10/0,4 kV Idaotsa alajaama ühendab merekaabliga 1,023 km pikkune 20kV maakaabel AHXAMK-WM 3x50.[\[2\]](#)

Ehitatav merekaabel oli üks osa Eesti Energia eesmärkidest elektrivarustuse tagamiseks Eesti äärealadel. Samuti suurendas see eelkõige arenguvõimalusi saarel ja tagas elanikele töökindlama elektrivarustuse. Selleks rajati saarele ja Neeme poolsaare tippu alajaamad. Tööde maksumuseks oli 8,5 miljonit krooni.[\[1\]](#) Kahjuks lõhuti merekaabel juba 2001. aasta novembris laeva ankruga mis oli kaabli taha kinni jäänud ning on siiani parandamata. Prangli saare elektritarbijaid toitsid kaks 100kW võimsusega kohalikku diisलगeneraatorit.[\[2\]](#) Aastal 2009 ehitati saarele uus diiselektrijaam milles kaks uut vajadusel paralleeltöös olevat 180kW diisलगeneraatorit, mis on kaugjuhitavad ja jälgitavad.[\[3\]](#) Elektrijaam on varustatud tulekustutus- ja helisummutussüsteemiga. Uus elektrijaam on varustatud kahe 30m³ mahutiga, mis on jaotusvõrgu keskusest jälgitavad. Mahutite täitmine toimub läbi täitetorustiku otse sadamakaitl. Uue diiselektrijaama mahutid võimaldavad saarel kütusevaru hoida 5-6 kuuks, millega tagatakse elanikele elektrivarustuse kindlus.[\[4\]](#) Ainuüksi ühe generaatori reserv on 30% saare tippkoormusest suurem.[\[5\]](#) Diiselektrijaama ehitus läks maksma 6,4 miljonit krooni.[\[4\]](#)

1 NÕUDED

1.1 Maakaabelliinid

Projekteeritud kaablite parameetrid koos algus- ja lõpp-punktidega olid näidatud elektriskeemil. Kaablite kulgemine looduses on esitatud asendiplaanil. Kaabli paigaldamisel nõue pinnasesse min 1m sügavusele täies ulatuses kaitsetorusse. Kaabli montaažil oli oluline jälgida kaabli tootja poolt lubatud painderaadiusi ja tõmbejõudusid. Vastavalt kooskõlastus tingimustele ristuvale allmaarajatisele lähemal kui 2m kaevasime käsitsi. Mehhaniseeritud kaevamine oli lubatud ainult maa-aluste rajatiste valdajate loal. Kogu kaablitrassi ulatuses tähistasime kaabli märkelindiga.[6]

1.2 Liitumiskilp

Kilp komplekteeriti, paigaldati ja ühendati vastavalt käesoleva projekti joonistele (vt. Lisa 2) ja (vt. Joonis 13) arvestades olemasolevaid kõrgusi. Alumiiniumkaabli ühendamisel kaitselahutuslüüti klemmidele, oli nõutud paigaldada üleminekuklemmid Al→Cu. Liitumiskilbiks valisime vundamendile paigaldatava kilbi, mis vastab Elektrilevi OÜ nõuetele. Kilbile ehitasime maanduspaigaldised, mis tagaks, et rikke korral ei ületaks kilbi puutepinge 50V. [6]

1.3 Komplektalajaam

Projekteeritud alajaama nr 10231 (VM250, 20/0,41 kV, 50 kVA) paigaldasime vastavalt joonistele (vt. Joonis 11), arvestades nõutud kõrgusmärke. Teenindusala tasandasime 0,7 m laiuselt ümber alajaama horisontaalseks. Sokliosa täitsime ümber alajaama (auk ja maapind) killustikuga. Alajaama transpordi ja vundeerimise teostasime vastavalt tootja poolt alajaamaga kaasas olevale paigaldusjuhendile. Kaablite sisseviigud realiseerisime PVC toruga. Alajaama vundamendis olevad spetsiaalsed kaablite avad ja paigaldatud kaablitorude otsad tihendasime peale kaablite paigaldamist tulekindla montaaživahuga ning kaablite otsamuhvid ankurdasime.[6]

1.4 Maastiku ja teede taastamine

Ehitajal oli kohustus taastada ehitustöödele eelnenud olukord; muuhulgas pidime taastama ehituse käigus kahjustada saanud pinnase, siluma ja täitma mehhanismide poolt tekitatud jäljed, samuti vajunud pinnasega kaablitrassi. Tööde käigus tekkinud ehitusjäätmed ja muu ehituspraht oli vaja objektilt kõrvaldada. Kaevealade katted taastasime vähemalt töödele eelnevasse seisu. Kaevise tihendasime tagasitäite käigus kihtide kaupa. Hilisemate erimeelsuste vältimiseks fikseerisime olukorra fotodega enne ja pärast tööde lõppu. Enne töödega alustamist hankisime kaevetööde loa ning pinnakatete taastamise teostasime vastavalt kohaliku omavalituse poolt kehtestatud normidele. Pärast ehitustööde lõppu oli kohustus tööplats puhastada ja korrastada. Taastasime kogu rikutud haljastuse ning kõrvaldasime tekkinud ehitusjäätmed ja ajutised tarindid.[6]

1.5 Ehitustööde dokumenteerimine ja järelvalve

Ehitustööde dokumenteerimisel lähtusime Eesti Vabariigi Ehitusseadustikust ja Elektrilevi OÜ elektripaigaldise kasutuselevõtu protseduurist. Ehituse järelvalvet teostas tellija poolt volitatud isik või ettevõtte. Kõik projektist kõrvalekalded kooskõlastasime kõigi huvitatud instantsidega s.h. tellija ja projekteerijaga ning fikseerisime kirjalikult. [6]

1.6 Käidujuhend

Uue elektripaigaldise esimese eksploatatsiooniaasta järgselt tuleb teha seadmete ja liinitrassi ülevaatus. Ülevaatus teha päevasel ajal kontrollides põhjalikult elektriseadmete kõiki elemente. Seadmete ülevaatusel täita ülevaatusleht ja kanda sellele avastatud defektid. Defektide avastamisel määrab selle/nende kõrvaldamise viisi ja aja võrguvaldaja. Pärast esimest eksploatatsiooniaastat lähtuda ülevaatusleht ja hooldustööde planeerimisel jaotusvõrgu juhenditest ja nõuetest. [6]

2 TRANSPORT SAARELE

Kõikide materjalide ja mehhanismide transpordiks mandrilt Prangli saarele kasutasime parvlaev Wrangö teenust (vt. Joonis 1). Laeval on 65 reisijakohta ja lisaks mahutab kuni kaks sõidukit või ühe kuni 8m sõiduki. Laevaga transporditava kauba maksimaalne kogukaal on 8t. Kaubakraana tõstevõimsus on 2t.^[7] Sellest tulenevalt oli väga oluline põhjalikult kogu transport läbi mõelda, arvestades laevale saada olevaid vabu liinimeetreid ja materjalide mõõte ning kaalu. Tuli ette ka olukord, kus raskendatud ilmastikuolude tõttu oli laevaliiklus peatatud ja soovitud tööde ajagraafiku järgi ei olnud võimalik transporti teostada.

Joonis 1. Materjali transport



3 PÕHIMATERJALID JA SEADMED

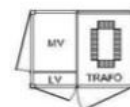
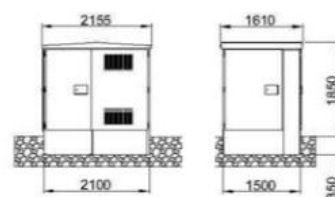
3.1 Komplektalajaam

Komplektalajaamana kasutasime projektis ettenähtud HEKA 250 1VM tüüpi alajaama(vt. Joonis 2). HEKA komplektalajaamad on tehases toodetud tüüpkatsetatud alajaamad, mis koosnevad kaitsekestas paiknevatest trafodest, kõrgepinge- ja madalpingejaotlast, ühendustest ja abiseadmetest. Alajaama kestad on valmistatud 2,0mm paksusest kuumtsingitud lehtmestallist ja kaetud UV kindla värviga tellija poolt valitud toonis ning soovi korral ka laudvoodriga kaetuna. Metallalajaam on ehitatud selliselt, et kogu komplekt on valmistõstetav koos seadmetega.[8]

Joonis 2. HEKA alajaam[8]



HEKA 1 VM 250



Sn max	250 kVA
In (KP)	630 A
In (MP)	400 A
M	650 kg

3.2 Trafo

Trafo on elektromagnetiline seade, millega muundatakse muutumatu sageduse juures vahelduvvoolu toiteallikapinge teistsuguseks allikapingeks. Eri tarbijad vajavad ka erineva nimiväärtusega allikapinget. See annab võimaluse tagamaks elektriohutus, seadmete säästliku kujundust ja tõhusat kasutust. Trafod on olulised koostesad kõikide elektriülekannete ja jaotusseadmete juures. Suuremate võimsuste ülekanne on kõrgepingel soodsam, sest sellisel juhul on vool väiksem, kuna võimsus on võrdeline voolu ja pinge korrutisega. Väiksemate voolude korral on aga väiksem energiakadu ülekandeliinides ning kaablid võivad olla väiksema ristlõikega. Trafod on tavaliselt vähemalt kaks mähist, mis asuvad ühisel terassüdamikul. Südamiku osa koos mähistega nimetatakse sambaks ja mähisteta osi iketeks. Trafo primaarmähisega ühendatakse elektriallikaga (generaator, toitevõrk) ja teine mähis, mida nimetatakse sekundaarmähiseks, annab energiat tarbijale.[9]

Keskpingevõrkude puhul kasutatakse trafosid nimivõimsustega: 50, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1600 ja 2500 kVA. Trafod on enamasti viieastmelise reguleerimisdiapasooniga +/- 2x2,5%. Kasutuses on ka kolmeastmelisi diapsooniga +/- 5% trafosid. Toitelajaamade trafod on koormuse all reguleeritavad, kui jaotustrafod mitte. Sellistel trafodel saab pingeastet muuta ainult väljalülitatud olukorras.[10] Meie kasutasime projektis ettenähtud õlitrafot nimivõimsusega 50kVA(vt. Joonis 3).

Joonis 3 Trafo



3.3 Maakaabel

Maakaablina kasutatakse projekteeritud keskpinge kaablit 12/20(24)KV AXAL-TT PRO 3X25/25AL (vt. Joonis 5). Kaabel on mõeldud stantsionaarseks paigalduseks välitingimustes maapeale, pinnasesse ja vette. Konstruktsiooniks on keerutatud mitmetraadilised tihendatud ümarad alumiiniumjuhtmed, pikki ja risti veekaitsega, millel on oma klassi parim korrosioonikaitse. [11]

Joonis 5 Kaabli ristlõige [12]



1. Alumiiniumsoon
2. Pooljuhtiv juhikate
3. Isolatsioon
4. Pooljuhtiv isolatsioonikate
5. Kolm korrosioonitäitega juhtivat alumiiniumjuhet
6. Paisunöör veekindluse tagamiseks
7. Alumiinium kiht liimituna isolatsioonile
8. Väline isolatsioon [12]

Joonis 6 Kaabli tehnilised näitajad [13]

Technical data								
AXAL-TT PRO 12/20(24) kV					Max. conductor temperature +90 °C			
Conductors x size (mm ²)	Diameter			Weight/100m (kg)	Min. bending radius		Max. pulling tension	
	Conductor (mm)	Insulation (mm)	Sheath (mm)		Laying (mm)	Static (mm)	Conductors (kN)	Cable stocking (kN)
3x25/25Al	5.9	17.4	44	142	528	352	2.2	9.6
3x50/25Al	8.0	19.5	48	182	576	384	4.5	11.5
3x95/35Al	11.2	22.7	55	255	660	440	8.6	15.1
3x150/35Al	14.0	25.5	60	320	720	480	13.5	18.0
3x240/50Al	18.0	29.5	70	431	840	560	21.6	24.5
Conductors x size (mm ²)	Resistans		Inductance (mH/km)	Capacitance (µF/km)	Earth fault Current (A/km)	Max. short circuit (1 s)		
	Conductor (Ω/km)	Screen (Ω/km)				Conductor (kA)	Screen (kA)	
3x25/25Al	1.20	1.2	0.42	0.13	1.64	2.4	3.2	
3x50/25Al	0.641	1.2	0.37	0.16	2.02	4.7	3.2	
3x95/35Al	0.320	0.8	0.34	0.19	2.50	9.0	5.0	
3x150/35Al	0.206	0.8	0.32	0.23	2.94	14.2	5.0	
3x240/50Al	0.125	0.6	0.29	0.27	3.51	22.7	7.0	

All the values given are nominal

3.4 Liitumiskilp

Liitumiskilbiks tellisime Harjuelektri tooteseerias oleva HETR tüüpi kilbi, mis on mõeldud kasutamiseks madalpingeliste elektriliinide kommuteerimiseks, elektrienergia kulu mõõtmiseks, tarbijate toiteliinide kaitseks ja voolu piiramiseks. Kilbi kest on valmistatud 2mm paksusest kuumtsingitud terasest ja kaetud ränihalli pulbervärviga. Kilbi uks on teisaldatav ning varustatud kolmnurklukuga. Kilbi külgedel on kaabliläbiviikudeks suletavad avad. Elektriseadmed kinnitatakse kilpi kas montaažiplaadile või kogumislattidele. Seadmete kaitseks on kilbil ülekattega katus. Kondensaadvee eest kaitseb kilpi topeltlaega ja äravoolu juhtimisega läbi korpuse põhja. Ventilatsiooniks on kilbil spetsiaalsed tuulutused. Suletud ustega on kilbi kaitseaste IP 34D ja eemaldatud ukse puhul IP20. Juhistikusüsteem on kilbil TN-C ning nimitalitluspinge 230/400V. Tellitud kilp komplekteeriti tehases valmis ja sisse oli paigaldatud pealüliti, arvestimutritega montaažiplaati, markeeritud ja hülsistatud kaabeldust, plommitavat plastist puutekaitsekattet, sisend- ja väljundklemme ning kilbivõtit. Mõõtmata voolujuhtide osa on plommitav. Kilpi pidime eraldi juurde paigaldama vaid arvesti. Kilp on mõeldud statsionaarseks paigaldamiseks välitingimustes pinnasesse selleks ettenähtud soklile, mille kõrgus on muudetav (400...900mm). HETR tüüpi kilpide korpuseid on võimalik ka omavahel pottliidestega ühendada külgedel paiknevatele neetmutritele (vt. Joonis 7). HETR-seeria kilpide valmistamisel on lähtutud standarditest EVS-EN 60439-1, EVS-EN 60439-3, EVS-EN 60439-5.[\[14\]](#)

Joonis 7 HETR liikumiskilp [\[14\]](#)



4 TÖÖPROTSESSI ETAPID

4.1 Trassi kaevamine

Trassi ehitamise viisiks valisime kaevamise lahtisel meetodil (vt. Joonis 8). Enne kaevetöödega alustamist oli vajalik Vallast taotleda kaeveluba. Taotlusele oli vaja lisada andmed taotleja, teostaja, tellija, tellija esindaja ja rajatise omaniku kohta. Dokumentidena pidi taotlusele kaasa lisama ehitatava projekti seletuskirja, asendiplaani joonise ja kooskõlastuste koondtabeli. Kolm päeva enne ehitustöödega alustamist tuli digitaalselt esitada ehitisregistri kaudu ehitamise alustamise teatis koos ehitise projektikohase mahamärgimise kohta, mis on allkirjastatud kutsetunnistust omava maamõõtja poolt. Rajatava trassi kaitsevööndisse jäid olemasolevad Elektrilevi kaablid ja AS Viimsi Vesi hallatav veetrass. Selleks oli vajalik trassivaldajaid teavitada ja kohapeal tuvastada trasside tegelikud asukohad vältimaks nende vigastamist kaevetöödel. Kaevamisel kasutasime roomikekskavaatorit ja rataslaadurit.

Joonis 8 Trassi kaevamine



4.2 Kaablikaitsetoru paigaldamine

Rajatud kaevikusse paigaldasime kogu trassi ulatuses 160mm läbimõõdu ja 750N tugevusklassiga kaitsetoru (vt. Joonis 9). Torud on 6m pikad ja ühendusmuhviga jätkatavad. Kuna suur osa kaevatavast alast oli äärmiselt kivine, siis oli vajalik kaitsetoru alla ja peale tekitada nõuetekohane liivapadi vältimaks tagasitõitel toru vigastamist. Kaevikule jätsime 100-120m tagant esialgu kinni lükkamata, et saaksime hiljem kaablit torusse tõmmata. Kogu trassi märgistasime märkelindiga.

Joonis 9 Kaitsetoru paigaldamine



4.3 Kaabli paigaldamine kaablivintsi abil

Kaabli paigaldamisel kaitsetorusse kasutasime kaablivintsi paigaldusmeetodit. Selleks lükkasime kõigepealt lahti jäetud toru otsast fiibri läbi kuni järgmise lahti jäetud lõiguni. Seejärel kinnitasime fiibri vintsi trossi külge ja tõmbasime alguspunkti välja, kuhu omakorda saime tõmbesuka abil kaabli kinnitada. Kaablitrumli aetasime spetsiaalsele suure läbimõõduga trumli jaoks mõeldud kaablipukile, mille pealt oli mugav kaablit järele anda. Kaablivintsi fikseerisime tugelega maapinnale ja lisaks sellele oli vintsi kinnitatud ka sõiduauto külge, vältimaks tõmbejõul vintsi libisemist. (vt. Joonis 10) Oluline oli jälgida ka vintsi küljes oleva skaala pealt, et ei ületaks kaablile maksimaalselt lubatavat tõmbejõudu, milleks antud kaabli puhul on 11,5kN.

Joonis 10 Kaablivintsi

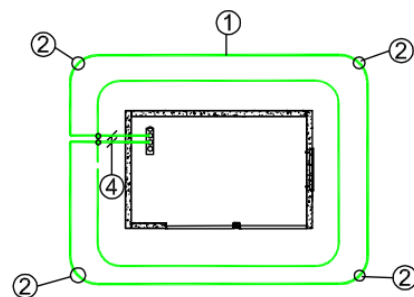
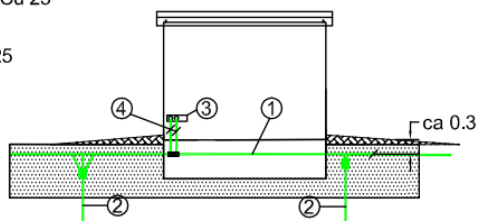


4.4 Alajaama paigaldus

Projekteeritud komplektalajaama paigaldasime vastavalt joonistele ja paigaldusjuhendile (vt. Joonis 11). Teenindusala tasandasime 0,7m laiuselt ümber alajaama horisontaalseks. Sokliosa ümber alajaama täitsime keskmise fraktsiooniga killustikuga. Ümber alajaama rajasime maanduskontuuri kasutades varrasmaandureid ja maanduselektroodi. Maandusjuhid kinnitasime alajaamas olevale maanduslatile. Kaablite sisseviigid teostasime PVC toruga ja peale kaablite paigaldamist tihendasime avad tulekindla montaaživahuga.

Joonis 11 Alajaama paigutusjoonis[6]

1. Maanduselektrood Cu 25
2. Varrasmaandur
3. Maanduslatt
4. Maandusjuhid Cu 25



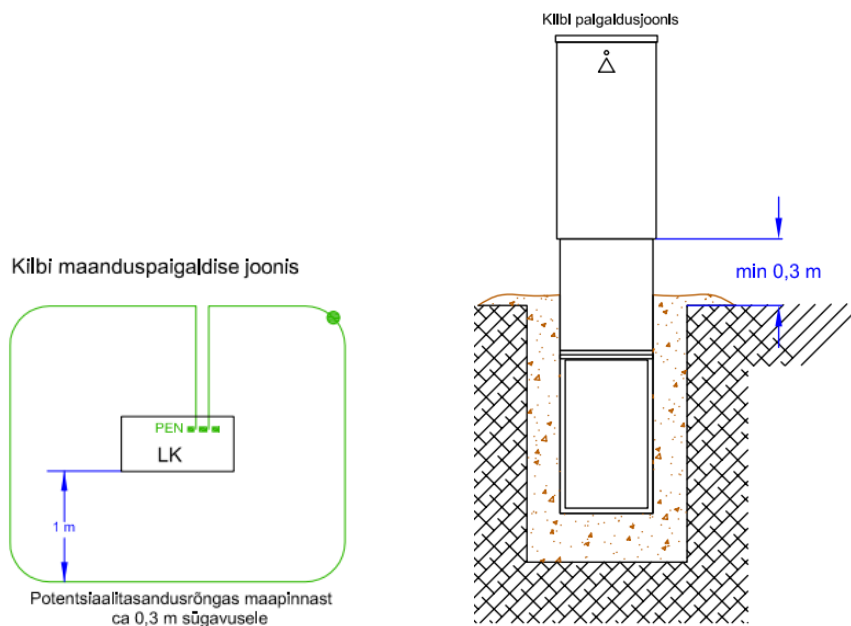
Joonis 12 Paigaldatud alajaam



4.5 Liitumiskilbi paigaldus

Liitumiskilbi paigaldamiseks kaevasime esmalt kilbi sokli jaoks paraja sügavusega augu. Ümber kilbi paigaldasime 0,3m sügavusele potentsiaalitalitlusrõnga, mille ühendasime kilbis olevale PEN latile (vt. Joonis 13). Kilbi juhistikusüsteem on TN-C, mis tähendab, et neutraaljuht on ka kaitsejuhi eest. Üldjuhul eraldatakse eramu peakilbis neutraal- ja kaitsejuht omavahel, kus neutraaljuhi jaoks on eraldi lattu, mis markeeritakse sinise värvusega. Seda süsteemi nimetatakse TN-C-S juhistikusüsteemiks. Alajaama ja liitumiskilbi vahelise kaablina kasutasime AXP4G50 tüüpi maakaablit. Kilbi peakaitsme suuruseks oli C karakteristikuga 3x20A automaatkaitselüliti. C karakteristik tähendab, et kaitse rakendub 5 kuni 10 kordse kaitsme nimivoolu ületamisel. Komplekteeritud liitumiskilpi paigaldasime lisaks kaugloetava P2P tüüpi arvesti. P2P tüüp tähendab, et arvestile on sisse ehitatud SIM kaardiga modem, läbi mille käib andmete edastus mobiilivõrgu kaudu lugemissüsteemi.[15] Kuna liitumiskilp asub saarel ja on oht halvale levile, siis paigaldasime kindluse mõttes arvestile lisaks välise antenni, mille saab magnetiga kilbi kesta külge kinnitada. Samuti saab teenusepakkuja kaugjuhtimise teel arvestist voolu avada ja sulgeda, see tähendab, et kui liitunud klient on liitumistasu tasunud, siis avatakse temale vool ilma, et oleks kilbist vaja midagi lülitada.

Joonis 13 Liitumiskilbi paigutusjoonis[6]



4.6 Keskpingeakaablile muhvide tegemine

Keskpingeakaablitele tuleb alati teha otsamuhvid. Antud objektil oli trassi pikkuseks ligi 1,5km, mille tõttu pidime tegema ka ühe jätkumuhvi. Kuna tegu on äärmiselt vastutusrikka ja täpse tööga, siis on Eestis koostatud kaabli- ja muhvipaigaldaja kvalifikatsiooni tagamise juhend, mille eesmärgiks on tagada nõuded kesk- ja madalpingeakaablite ning muhvide paigaldajate kvalifikatsioonile tagamaks õiged paigaldusmeetodid ja liinide töökindlus. Koolitusi ja eksameid viib läbi Elektrilevi.[\[16\]](#) Eestis kasutatakse peamiselt Raychemi ja Ensto jätku- ja otsamuhve. Meie paigaldatud kõik kolm muhvi olid Ensto tooted (vt. Joonis 14).

4.6.1 Nõuded otsa- ja jätkumuhvide paigaldamisele

Kaablimuhv peab kindlustama kaabliga samaväärse mehaanilise ja elektrilise tugevuse. Harumuhvide kasutamine on keelatud. Kõikide muhvide sealhulgas külmkahanevate otsa- ja jätkumuhvide või külmkahanevaid komponente sisaldavate hübriidmuhvide tegemine on lubatud vaid toote paigaldusjuhendis ette antud paigalduskeskkonda järgivate tingimustel ning vastavad paigaldusjuhendid peavad olema töökohal. Muhvide teostamisel peab olema tagatud kaitse välismõjude eest (tolm, sademed) näiteks selleks tööks sobiliku telgiga. Kaabliühendamisel tuleb kasutada komplektis olevaid kruviklemme. Soonte ühendamine termiitkeevituse, tinutamise ja pressklemmide (v.a mõne seadme, nt komplektalajaama tehases tehtud ühendused) abil ei ole lubatud. Jätku- ja otsamuhvid peavad peale nõuetekohast montaaži olema veekindlad nii pikikui ristsuunas. Ühendatavate kaablite vahel peab olema tagatud elektriline väljaühtlustus. Kinni tuleb pidada tootja juhendis nõutud painderaadiustest ja minimaalsetest õhkvahemikest, sealhulgas otsamuhvide erinevate ja samanimeliste faaside omavaheline kaugus ning otsamuhvi kaugus muudest võõrkehast (alajaama maandusjuhid, konstruktsioonid jne). [\[17\]](#)

Joonis 14 Otsamuhvid



4.7 Masti paigaldamine ja toite ühendamine olemasoleva mastalajaamaga

Esialgelt oli projektis ettenähtud, et uuele paigaldatud keskpingetrassile saame toite olemasoleva mastalajaama alt, kuid ehituse käigus selgus, et nõuetekohaseks paigaldamiseks samale mastile jääb ruumi väheks. Koostöös projekteerijaga leidsime probleemile kiire lahenduse. Selleks oli vaja paigaldada uus mast olemasoleva mastalajaama kõrvale ja sildadega uue masti peale toide saada (vt. Joonis 15). Õnneks saime uue masti saarelt Elektrilevile kuuluvate reservis olevate mastide hulgast ja pääsesime laevaga transportimise vaevast. Masti saime õige kohapeale kohaliku kraanaauto abiga. Mastile vajaliku sügavusega augu kaevasime kopp rataslaaduriga ja sama laaduriga tõstsime troppidega ka masti paika. Kaabli ühenduseks vajamineva eeltöö tegime maapinnal ära. Selleks ühendasime kaabli otsamuhvi koos piirikutega kaablitarindile ja spetsiaalsete masti ronimisraudade abiga hiljem masti otsa. Sildade tegemiseks kasutasime SAX50 alumiiniumsulamist keerutatud isoleeritud juhet. Uuele mastile ehitasime kordusmaanduse kasutades kahte kuumtsingitud terasest maandusvarrast ja isoleerimata vaskjuhet.

Joonis 15 Paigaldatud mast ja teostatud ühendused



4.8 UUE ALAJAAMA PINGESTAMINE

Uue alajaama võrku ühendamiseks ja pingestamiseks oli vaja Elektrilevi partnerite portaalis tellida katkestus. Tööteatele oli vaja märkida juhtimispiirkond, töö liik, töötoimingute ajaks elektripaigaldise juhtijaks määratud isik, töötoimingute eest vastutavaks määratud isik, lülitaja, katkestuse kuupäev ja kellaaeg, katkestuse põhjus, kavandatud töö iseloom ja asukoht ning lisaks oli vaja laadida skeemiparanduste dokumendid. Peale tööteate kinnitamist juhtimiskeskuse poolt väljastati lülitamise kava, mille alusel vajalikke lülitamisi õiges järjekorras teostada.

Täpsema kirjelduse lülitamis protsessi kohta saab vaadates lülitamiskava (vt. Lisa 3).

Joonis 16 Lülitamised alajaamas



5 ARVUTUSTULEMUSED

Kuigi tänapäeval saadakse erinevad tulemused mõõtmiste teel, tegin siiski mõned arvutused valemite abil.

AJ10231 trafo nimivool[18]:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n},$$

Kus S_n on trafo nimivõimsus V·A

U_n on trafo nimipinge V.

Alajaama trafo maksimaalne nimivool madalpinge poolel on:

$$\frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 72,16A$$

Trafo maksimaalne nimivool keskpinge poolel on:

$$\frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 20000} = 1,44A$$

Trafo kolmefaasiline lühisvool [18]:

$$I^{(3)} = \frac{U_f}{\sum z_t^{(3)}}$$

Kus U_f on faasipinge V

$z_t^{(3)}$ - trafo kolmefaasiline näivtakistus lühise korral Ω

Trafo kolmefaasiline näivtakistus lühisele[18]:

$$z_t^{(3)} = \frac{U_{k\%} U^2}{100 S_t}$$

Kus $U_{k\%}$ on trafo lühispinge

S_t - trafo nimivõimsus kV·A

U - liinipinge V .

Trafo kolmefaasiline näivtakistus lühisele:

$$z_t^{(3)} = \frac{U_{k\%} U^2}{100 S_t} = \frac{3,91 \cdot 400^2}{100 \cdot 50} = 125,12 m\Omega$$

Trafo kolmefaasiline lühisvool:

$$I^{(3)} = \frac{U_f}{\sum z_t^{(3)}} = \frac{230}{0,125} = 1840 A$$

Pingelang tarbija suhtes:

$$\Delta U = Z \cdot I$$

Kus Z on mõõdetud näivtakistus

I on tarbija nimivool

Pingelang tarbija suhtes:

$$\Delta U = Z \cdot I = 0,8 \cdot 20 = 1,6 V = 0,7\%$$

Kuna mõõdetud näivtakistus oli iga faasi puhul sama, siis on ka pingelang igal faasil võrdne.

6 KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli rakendusliku sisuga elektriprojekti tulemuslik nõuetekohane elluviimine, läbides kõik etapid alates projekti ja materjalidega tutvumisest kuni mõõdistamiseni ning vajaliku dokumentatsiooni koostamiseni.

Projektiga tutvumisel sain hea ülevaate ehitusele etteantud tingimuste ja nõuete kohta, mida hilisemate probleemide vältimiseks kogu tööprotsessi käigus jälgida oli vaja.

Materjalide spetsifikatsiooni põhjal hinnapakumisi küsides tutvusin erinevate materjalidega ja nende hindadega, mis andis kogemuse, et tulevastel hangetel osalemiseks konkurentsivõimelisi pakkumisi koostada.

Väga palju oli vaja teha põhjalikult läbimõeldud otsuseid materjalide ja mehhanismide transportimisel, kuna tuli arvestada laeval kaubale ettenähtud vaba ruumiga ning kandevõimega. Tööde ajagraafikule andis väikese tagasilöögi külmade ilmade ja mere jäätumise tõttu mõneks ajaks peatatud laevaliiklus.

Viimsi vallast kaeveloa taotlemisel probleeme ei tekkinud ja luba väljastati juba järgmisel päeval. Ehitamisel järgisime hoolega Viimsi valla kehtestatud tingimusi ja peale kaevetööde lõpetamist taastasime nõuetekohaselt pinnase.

Enne töödega alustamist märkis geodeet asendiplaani järgi kogu trassi, alajaama ja liitumiskilbi asukohad maha. Peale seda, kui olime kaabli pinnasesse ära paigaldanud ja ühendusmuhvid tehtud, siis sai geodeet uuesti kõik ehitatud paigaldised üles mõõdistada hilisema geodeetilise teostusjoonise teostamiseks.

Kaevatava ala sisse jäid ka mõned erakinnistud kelle piiride lähedusest töid teostasime. Erakinnistu omanikke oli vajalik teavitada enne töödega alustamist ja õnneks saime kõik mõistlikult lahendatud, ilma, et oleksime kellelegi pahameelt tekitanud. Kinnistute läheduses kaevamiseks rentisime eraldi väiksema roomikekskavaatori, et ei peaks ebamõistlikult laia kaevikut rajama ning kahjustaks võimalikult vähe olemasolevat pinnast. Tööde üleandmiseks nõuetekohase teostusdokumentatsioonina on vaja esitada: ehitustööde päevik, mõõteprotokollid, geodeetiline teostusjoonis, elektripaigaldise auditi protokoll, elektripaigaldise nõuetekohasuse deklaratsioon, kaetud tööde aktid koos fotodega ja keskpinge teimi mõõteprotokoll.

Lõputööks püstitatud eesmärk, milleks oli koolis õpitud teoreetilisi teadmisi praktilises töös kasutada, sai ootuspäraselt täidetud ja jäin kogu protsessiga rahule.

7 SUMMARY

I, Allar Nurk, chose a project with applied content as the topic for my thesis, whose purpose was the effective and proper implementation of an electrical project, going through all the stages from examining the project and materials to surveying and preparing the necessary documentation.

Working through the project documentation, I gained a good overview of the conditions and requirements required on the construction, which needed to be followed throughout the work process in order to avoid problems later on.

Asking for quotations based on the specification of materials, I was able to acquaint myself with the different materials and their prices, which gave me the experience to prepare competitive bids for future tenders.

A great deal of careful thought had to be given to the transport of materials and mechanisms, as the space and load capacity of the ship had to be taken into account. The schedule of the works was slightly delayed by the temporary suspension of shipping due to the cold weather and icing of the sea.

There were no problems with the municipality's application for an excavation permit, which was issued the following day. We carefully followed the conditions set by the municipality during the construction, and after the excavation work was completed, we properly restore the soil.

Before starting the works, the geodesist marked out the positions of the entire route, the substation and the connection shield according to the position plan. Once we had installed the cable in the ground and made the connection sleeves, the geodesist was able to re-measure all the installations constructed for the subsequent geodetic execution drawing.

Excavation area included several private properties, which property boundary was very close to the excavation area where we needed to carry out our works. It was necessary to inform the owners of these properties before starting the works and fortunately we managed everything reasonably without upsetting anyone. We hired a separate, smaller crawler excavator to dig close to the properties, so that we did not have to dig an unreasonably wide trench and didn't have to ruin too much of existing landscape.

To hand over the works, the following documents must be submitted: a construction logbook, measurement reports, a geodetic execution drawing, an electrical installation audit report, a declaration of conformity of the electrical installation, covered works reports with photographs and a measurement report for the medium voltage line.

The objective of the thesis, which was to apply the theoretical knowledge acquired in school to practical work, was fulfilled as expected and I was satisfied with the whole process.

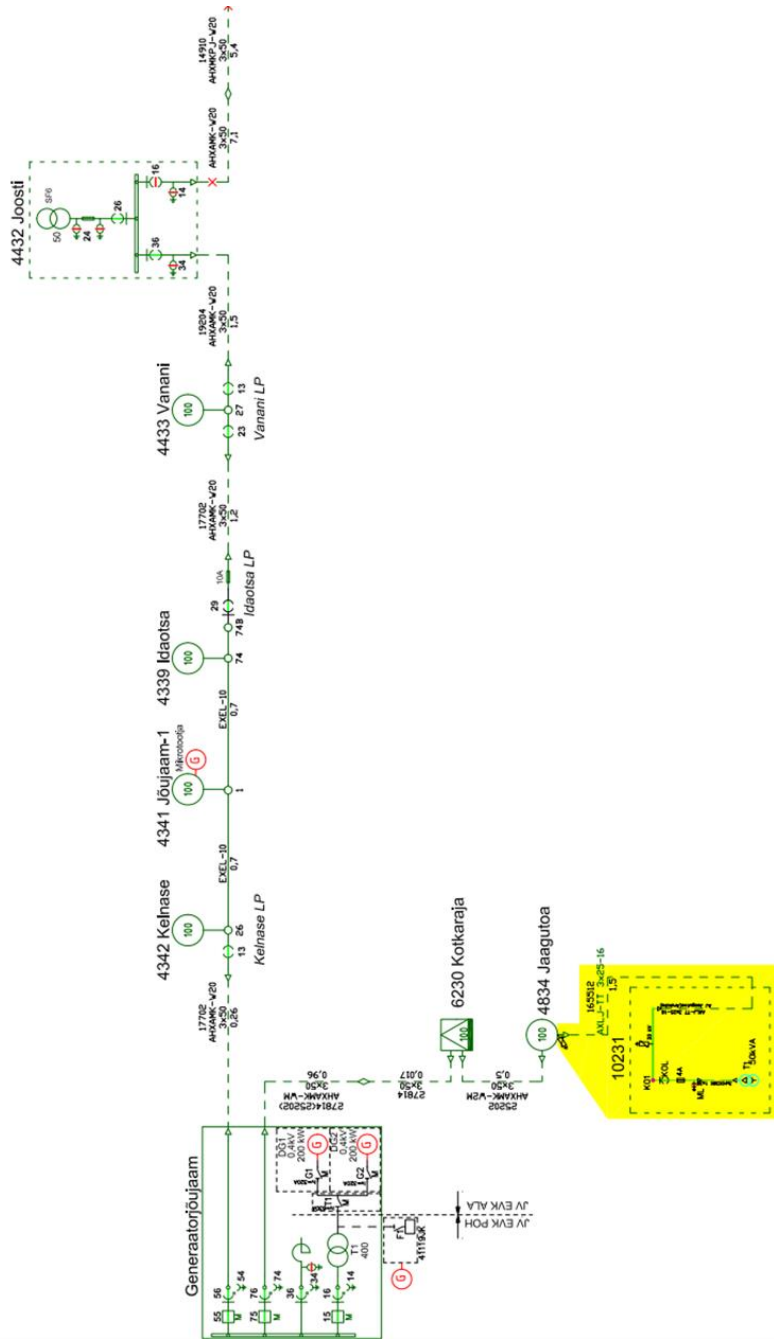
8 KASUTATUD KIRJANDUS

1. Eesti Energia.[Online] <https://www.energia.ee/uudised/avaleht/-/newsv2/migreeritud-uudis-126> (24.10.2001). (veebiartikkel)
2. Viimsi valla energiamajanduse pikaajaline arengukava 2003-2017 [Online] https://www.viimsivald.ee/public/Lisa_09.12.03_maarusele_nr41.pdf
3. Pranglil toodab elektrit mandrilt juhitud diiselektrijaam. [Online] <https://epl.delfi.ee/artikkel/51277619/pranglil-toodab-elektrit-mandrilt-juhitud-diiselektrijaam> (09.06.2010) (veebiartikkel)
4. Pranglil alustas tööd uus diiselektrijaam.[Online] <https://majandus.postimees.ee/273967/pranglil-alustas-tood-uus-diiselektrijaam> (09.06.2010) (veebiartikkel)
5. Prangli saarel ei pea talvel enam elektri kadumist kartma. [Online] <https://www.err.ee/405865/prangli-saarel-ei-peatalvel-enam-elektrikadumist-kartma> (09.06.2010) (veebiartikkel)
6. 0,4-20 kV VÖRGUSTANDARD; 0,4 kV KAABELLIINID [Online] [https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/a15178ab0b80f402c2257a690030c129/\\$FILE/P342%2004-20%20kV%20vorgustandard_04kV_kaabelliinid,%20ver.3.pdf](https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/a15178ab0b80f402c2257a690030c129/$FILE/P342%2004-20%20kV%20vorgustandard_04kV_kaabelliinid,%20ver.3.pdf) (12.02.2021) (võrgumaterjal)
7. Reisijate ja kaubavedu Prangli laevaliinil [Online] https://www.tuuleliinid.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=167&Itemid=21&lang=et
8. Komplektalajaamad HEKA. [Online] https://harjuelekter.com/wp-content/uploads/2021/01/tooteleht_komplekt_heka_veeb_est.pdf (võrgumaterjal)
9. Jaan Järvik, Üldelektrotehnika, Tallinn, 2014 (raamat)
10. M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt, J. Kilter, Jaotusvõrgud, 2007 (raamat)
11. AXAL-TT Endurance 3.0. [Online] <https://www.nkt.com/products-solutions/medium-voltage/medium-voltage-cables/axal-tt-endurance-3-0> (võrgumaterjal)
12. AXAL-TT PRO 3.0 Endurance 12/20 (24) kV [Online] https://nkt.widen.net/content/83fct7z3og/pdf/210308K_AXAL-TT_PRO_3.0_Endurance_122024kV_web.pdf?u=gj0n1y (võrgumaterjal)
13. AXAL-TT PRO 12/20(24) kV [Online] <https://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/9964706.pdf> (võrgumaterjal)
14. Kaabeljaotus- ja liitumiskilbid HETR. [Online] https://harjuelekter.com/wp-content/uploads/2021/01/tooteleht_hetr_veeb_est.pdf (võrgumaterjal)
15. Arvesti tüübi valiku ja kontsentraatori planeerimise juhend [Online] [https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/f3b10de0bc968604c22581a30020ec62/\\$FILE/J3321%20Arvesti%20t%C3%BC%C3%BCbi%20valiku%20ja%20kontsentraatori%20planeerimise%20juhend.%20ver.5.pdf](https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/f3b10de0bc968604c22581a30020ec62/$FILE/J3321%20Arvesti%20t%C3%BC%C3%BCbi%20valiku%20ja%20kontsentraatori%20planeerimise%20juhend.%20ver.5.pdf) (14.05.2019) (võrgumaterjal)
16. J374 Kaabli- ja muhvipaigaldaja kvalifikatsiooni tagamise juhend [Online] <https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/949d43d68d33927bc2256ed800337d41?OpenDocument> (19.05.2021) (võrgumaterjal)

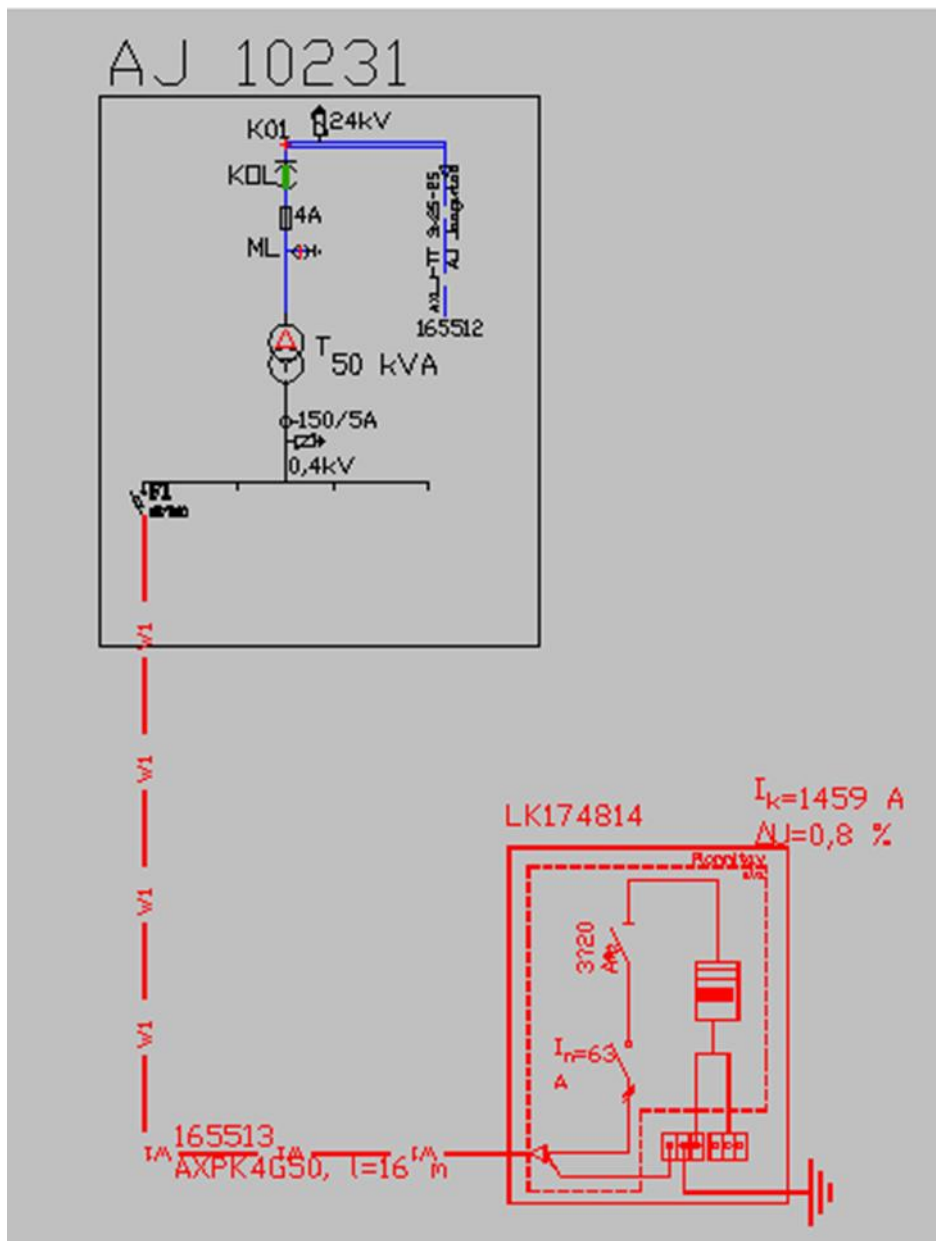
17. Nõuded plastisolatsiooniga keskpinge kaablite jätku- ja otsamuhvidele ja nende kasutamisele. [Online] [https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/2a576a3cf399b374c225737c0038ce9d/\\$FILE/P378%20Nouded%20plastisolatsiooniga%20keskpinge kaablite%20jätaku-%20ja%20otsamuhvidele%20ja%20nende%20kasutamisele,%20ver.5.pdf](https://www8.energia.ee/public/ee043.nsf/b5c70e1888b8a801c2256e4e002ca8dc/2a576a3cf399b374c225737c0038ce9d/$FILE/P378%20Nouded%20plastisolatsiooniga%20keskpinge kaablite%20jätaku-%20ja%20otsamuhvidele%20ja%20nende%20kasutamisele,%20ver.5.pdf) (12.02.2021) (võrgumaterjal)
18. Okk, E., Vaabel, V., (1996) Elektriku teatmik. Tallinn: Põhja Elektrivõrgud, lk 178.

LISAD

Lisa 1 Generaatorjõujaama skeem



Lisa 2 Liitumiskilbi joonis



Lisa 3 Lülitamiskava

LÜLITAMISTE KAVA nr. 808388

Eesmärk: Generaatorjõujaam (Aruküla), PRANGLI:PRA fiidri katkestus seoses uue alajaama AJ10231 ühendamisega olemasoleva Jaagutoa (Aruküla) AJ alla.							
Tööde algus ja lõpp: 18.05.2021 11:45:00 - 18.05.2021 16:00:00							
Jrk. nr.	AEG	ALAJAAM	SEADE	OPERATIIVTUNNUS	TOIMING	MÄRGE	KELLEL7/KELLELE
1		tj Generaatorjõujaam:(Aruküla)	VL M AJ-s	75:Generaatorjõujaam:(Aruküla)	VÄLJA		
2		Generaatorjõujaam:(Aruküla)	KOL AJ-s	76:Generaatorjõujaam:(Aruküla)	VÄLJA		
3		Generaatorjõujaam:(Aruküla)	ML AJ-s	74:Generaatorjõujaam:(Aruküla)	SISSE		
4				TT-21-09094	Töö sooritamisluba		
5				TT-21-09094	Töö lõpetamise teade		
6		0,4 kV:AJ10231	Sulariga vinnaküliti	F1 (MPL165513)	KV		

Lülitaja kohustused, mis ei ole lülitamiste kavas: enne maandamist pingetuses veendumine, lülitite lukustamine, keelusiitide paigaldamine, enne lülitamist VA ja LL-ga VL väljasoleku kontrollimine.

Töötoimingu eest vastutavaks määratud isiku kohustused: enne töö alustamist andmist kõigi 5 põhi-ohutusreegli nõuete täitmises veendumine, sh töökoha maandamine, isoleerplaatide paigaldamine, juurdepääsu tõkestamine pingestatud osadele ja töökoha tähistamine.

Kasutatavad lühendid: SCADA-ga lülitamine – TJ; kontrollida seesasendit – KS; kontrollida väljas-asendit – KV; kontrollida pingetust – KP; kontrollida asendit – KA; lahküliti – LL; latilahlküliti – KL; maandusüliti – ML; koormuslahküliti – KOL; lahuti – LA; lühisti – LÜ; võimsusüliti – VL; KJS võimsusüliti vanker – VA; madalpinge vinnaküliti – mpv; madalpinge kaitsküliti – mpk; sulavkaits – sk; VL vanker välja kontrolliasendisse – VK; VL vanker välja remondiasendisse – VR; VL vanker sisse kontrolliasendisse – SK; VL vanker sisse tööasendisse – ST; kantav maandus – KM; alajaam – AJ

Lülitamiste kava nr: 808388

7		AJ10231	KOL AJ-s	K01KOL	KV		
8		Generaatorjõujaam:(Aruküla)	ML AJ-s	74:Generaatorjõujaam:(Aruküla)	VÄLJA		
9		Generaatorjõujaam:(Aruküla)	KOL AJ-s	76:Generaatorjõujaam:(Aruküla)	SISSE		
10		tj Generaatorjõujaam:(Aruküla)	VL M AJ-s	75:Generaatorjõujaam:(Aruküla)	SISSE		
11		AJ10231	KOL AJ-s	K01KOL	SISSE		
12		kontrollida 0,4 kV lattidel pingete ja pöördvälja õigsust, fikseerida trafo aste			OPERATIIV-KORRALDUS		
		0,4 kV:AJ10231					
13		0,4 kV:AJ10231	Sulariga vinnaküliti	F1 (MPL165513)	SISSE		
14		kontrollida Loo-Otsa LK-s pingete ja pöördvälja õigsust			OPERATIIV-KORRALDUS		
		LK174814					