

Ville Seppälä

Lämpökeskuksen sähkölaitteiston uudistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

24.1.2018

Tekijä Otsikko	Ville Seppälä Lämpökeskuksen sähkölaitteiston uudistus
Sivumäärä Aika	26 sivua + 1 liite 24.1.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Sähköinsinööri Timo Salo Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Insinööriyön aiheena oli kartoittaa Vantaan Koivukylässä sijaitsevan lämpökeskuksen sähkölaitteistoa, etenkin laitoksen A-puolen 400 V:n kojeiston osalta. Työn tilaajana Vantaan Energialla oli tarkoitus selvittää A-puolen tuotannon lopettamisen myötä tarpeettomiksi jääneiden lähtöjen ja syöttöjen tilannetta ja näin valmistautua kojeiston vaihtamiseen. Työn tavoitteena oli luoda listaus uuteen toteutukseen jäävistä sähkönsyötöistä, ottaa huomioon mahdolliset tulevaisuuden näkymät laitoksella sekä valmistautua tuleviin haasteisiin purku- ja vaihtotyön osalta.</p> <p>Työssä perehdyttiin laitoksen toimintaan ja sen vaatimiin sähkölaitteistoihin, tutustumalla olemassa oleviin dokumentteihin ja paikan päällä tehdyin tarkasteluihin. Työn tärkeimpänä kohtana olleen A-puolen 400 V:n kojeiston uusimiseen valmistautumisessa, oli tehtävä selvitystyötä osittain vanhentuneiden dokumenttien varassa sekä tutkimalla itse kojeistoa. Selvitystyön aikana haasteita loivatkin dokumentaation ristiriitaisuus sekä sen puutteellisuus.</p> <p>Kartoituksessa selvisi uuteen kojeistoon jäävien lähtöjen tilanne, jonka pohjalta voidaan lähteä suunnittelemaan ja hankkimaan uutta toteutusta. Insinööriyössä huomioitiin mahdollisten tulevaisuuden näkymien toteutuminen laitoksen sähkönjakelun kannalta sekä otetaan kantaa tulevien purku- ja vaihtotyön aiheuttamiin haasteisiin.</p> <p>Insinööriyön pohjalta yritys voi lähteä ajamaan kojeiston vaihtoprojektia eteenpäin. Työssä on pyritty pohtimaan vaihtotyön luomia ongelmia ja osittain ratkomaan niitä. Insinööriyö rakentaa näiden näkökulmien kautta pohjaa tuleville suunnittelutöille sekä havainnollistaa niille vaadittuja ominaisuuksia.</p>	
Avainsanat	Lämpökeskus, kojeisto, selvitystyö, sähkölaitteisto, asbesti

Author Title	Ville Seppälä Reformation of Electrical Equipment in Heating Plant
Number of Pages Date	26 pages + 1 appendix 24 January 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electric Power Engineering
Instructors	Timo Salo, Electrical Engineer Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>The purpose of this study was to inspect electrical equipment of a heating plant, especially low voltage systems in the A-side of the plant. The study was made for energy company Vantaan Energia. Heat production at A-side has been shut down and most of the electrical equipment of the heating process have been useless for a while. The company wanted to make an inspection of the 400-volt switchboard and prepare to replace it. The aim was to make a list of all power supplies, which would take their place in the new switchboard, and consider possible other future plans. Secondary target was to think about problems which replacing of the switchboard could cause.</p> <p>Work started by inspecting the plant's functions and its electrical equipment. Investigation was made based on ordinary documents of electrical equipment and by checking the devices. Because of old documents, there was some difficulties during the work. Incoherence of documents and electrical devices were the main problem during the study.</p> <p>As a result of the investigation, all the necessary power supplies were listed. The new switchboard can be designed based on that information. This thesis also considers future plans of the heating plant and how these plans can affect the plant's electricity supplies.</p> <p>The changing project of A-side's switchboard can be started based on the information of this study. This study observed problems which changing the electrical equipment causes and tried to solve part of them. This thesis creates perspective for incoming task planning and demonstrates necessary features.</p>	
Keywords	Heating plant, switchboard, investigation, electrical equipment, asbestos

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	2
3	Koivukylän lämpökeskus	4
4	A-puoli	8
4.1	Kojeisto 400 V	10
4.2	Syöttöjen selvitystyö	12
4.3	Uusi kojeisto	14
4.4	Tulevaisuus	14
5	Purkutöiden suunnittelu	16
5.1	Asbestin huomioon ottaminen	16
5.2	Kojeiston saattaminen jännitteettömäksi	18
5.3	Tarpeet työn aikana	21
5.4	Työmaakeskuksen syöttäminen	22
6	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

Liitteet

Liite 1. Sähkönjakelukaavio

Lyhenteet

IED	Teollisuuden päästödirektiivi (2010/75/EU, Industrial Emissions Directive, IE-direktiivi).
PEX	Sähkökaapeli eriste. Polyeteeni.
PVC	Sähkökaapeli eriste. Polyvinyylikloridi.
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS ry on standardisoinnin keskusjärjestö.

1 Johdanto

Kaukolämmön tuotanto ja sen myynti ovat Vantaan Energia Oy:lle merkittävän suuri osa yhtiön liikevaihdosta. Tämän vuoksi yritys haluaa panostaa kaukolämpöverkon kilpailukykyyn lämpömarkkinoilla muita lämmitysmuotoja vastaan, muun muassa kehittämällä ja parantamalla verkon toimintavarmuutta. Koivukylän lämpökeskus on yrityksen yksi tärkeimmistä pisteistä Vantaan kaukolämpöverkossa, sillä keskuksen avulla parannetaan lämmön toimitusvarmuutta asiakkaille vika- ja kuormitustilanteissa. Lämpökeskuksen tärkeyden vuoksi yritys haluaa kartoittaa sekä parantaa olemassa olevaa sähkölaitteistoa.

Opinnäytetyön tilaajana yritys haluaa selvittää Koivukylän A-puolen sähkölaitteiston nykytilannetta. Työn tarkoituksena on saada selville nykyisen 400 V:n kojeiston lähtöjen tarpeellisuus, minkä pohjalta voidaan lähteä hankkimaan uutta toteutusta. Yritys haluaa työssä otettavan huomioon lisäksi muut mahdolliset tulevaisuuden hankinnat, jotka vaikuttavat lämpökeskuksen sähkölaitteistoon ja niiden syöttämiseen. Työn tarkoituksena on myös valmistautua kojeiston vaihtotyön aiheuttamiin haasteisiin.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään selvittämään lämpökeskuksen sähkölaitteistoa, etenkin A-puolen 400 V:n kojeiston osalta. Tulevaan kojeiston purku- ja vaihtotyöhön on otettu näkökulmia, niiden asettamien vaatimuksien muodossa. Insinöörityön tarkoituksena ei ole ottaa kantaa uuden kojeiston mitoittamiseen tai valintaan, vaan luoda pohja tulevan projektin etenemiselle.

2 Vantaan Energia Oy

Yhtiö on osa Vantaan Energia -konsernia, johon kuuluvat Vantaan Energia Oy:n tytäryhtiö Vantaan Energia Sähköverkot Oy, sekä muut osakkuusyhtiöt. Kuvassa 1 on esitetty Vantaan Energia Oy:n rakennekaavio. Siitä selviävät yhtiön omistussuudet, sekä voidaan havaita, että Vantaan Energia Oy toimii muun muassa aurinko- ja vesivoiman parissa. [1; 2.]

Yritys luo asiakkailleen energiapalveluita niin Vantaalla kuin valtakunnallisestikin sähkön, kaukolämmön ja maakaasun muodossa. Yhtiön liikevaihto vuonna 2016 oli 249,1 miljoonaa euroa, ja sen palveluksessa työskenteli keskimäärin 274 henkilöä. Kaupunkienergiayhtiönä, Vantaan Energia onkin yksi Suomen suurimmista. Yhtiön omistussuudet jakaantuvat Vantaan ja Helsingin kaupunkien kesken, Vantaan kaupungin omistaessa suuremman 60 %:n osuuden. [1; 2.]



OSUUKSIA MUISSA ENERGIAN TUOTANTOYHTIÖISSÄ:
EPV Energia Oy, Pohjolan Voima Oy, Suomen Hyötytuuli Oy, Innopower Oy, Voimaosakeyhtiö SF

Kuva 1. Vantaan Energia Oy:n rakennekaavio [1].

Kaukolämpö

Energiamuotona kaukolämpö on ympäristöystävällistä sekä tehokasta. Toimintamalliltaan kaukolämmitys on lämmön tuotantoa ja jakelua asiakkaan tarpeisiin. Tuotettu lämpö johdetaan putkissa liikkuvan veden avulla kohteisiin, joissa sitä käytetään lämmittämään rakennuksia tai niissä käytettävää käyttövetä. Tuotantolaitokselle palautuva asiakkaalla jäähtynyt vesi uudelleen lämmitetään ja johdetaan takaisin kaukolämpöverkkoon. [11.]

Muihin Pohjoismaihin verrattuna Suomen kaukolämmön tuotanto on suurinta väkilukuun suhteutettuna. Lämmitysmuotona kaukolämpö onkin Suomen yleisin. Lämpöä tehdään yleensä polttolaitoksissa yhteistuotantona, jolloin laitos tuottaa samanaikaisesti sähköä ja kaukolämpöä. Palavana aineena voidaan käyttää öljyä, jätettä, turvetta, maakaasua, kivihiltä, puuta tai muuta biomassaa. Tuotantoon käytettävä polttoaine vaihtelee paikkakunta- ja laitospohjaisesti. [3.]

Vantaan Energian kaukolämmöstä tekee erityistä vuoden 2014 syksyllä avattu Jätevoimala. Se tuotti kaukolämpöä 943 GWh vuonna 2016 polttamalla jätettä yhteensä 356.000 tonnia. Ennen uuden tuotantolaitoksen rakentamista, itäpuoli kaupungista oli lämpökeskusten ja siirtoputkien varassa, joten Jätevoimala toi tasapainoa kaupungin kaukolämmön tuotantoon. [2; 4.]

Kuvassa 2 näkyvät Vantaan kaukolämpöverkon muut tuotantolaitokset Jätevoimalan lisäksi sekä lämmönsiirtoasemat muiden kaupunkien suuntaan. Lännessä sijaitseva Martinlaakson voimalaitos tuotti 835 GWh kaukolämpöä vuonna 2016. Yhdessä Jätevoimalan kanssa se luo hyvän pohjan Vantaan kaupungin kaukolämmön tuotannolle. Näitä kahta suurta laitosta on tukemassa yhteensä yhdeksän lämpökeskusta, joiden tehtävä on tuottaa lämpöä häiriö- ja kuormitustilanteissa. [2; 4.]

KAUKOLÄMPÖ- VERKKO



Kuva 2. Vantaan kaukolämpöverkko, tuotantolaitokset, sekä siirtoasemat [5].

3 Koivukylän lämpökeskus

Yhteistuotantolaitosten lisäksi lämpöenergiaa voidaan tuottaa lämpökeskuksilla, joiden tuotanto kohdistuu pelkästään lämpöön. Tyypillisesti tällaisia laitoksia käytetään pienissä kaukolämpöverkoissa tai varareservinä. Keskuksen kokoon vaikuttavia tekijöitä ovat laitoksen teholuokka sekä sen käyttämän polttoaineen muoto. Palavasta aineesta riipuen lämpökeskus rakentuu yleensä polttoaineen käsittelyjärjestelmästä, polttolaitteistosta, sekä lämpökattiloista. Kaukolämpö- sekä kattilaveden siirtämiseen laitos tarvitsee putket, pumput ja muun apulaitteiston, joita ohjataan sähkö- ja automaatiolaitteiden avulla. Savukaasujen puhdistuslaitteistoa käytetään suurimmassa osassa laitoksista. Keskuksissa, joissa polttoaineena käytetään kiinteää ainetta, tarvitaan myös tuhkan käsittelyyn sekä varastointiin liittyvät laitteet. [12.]

Tässä insinööriyössä käsitelty lämpökeskus sijaitsee Vantaan Koivukylässä.

Koivukylän lämpökeskus

Kyseinen lämpökeskus on yksi Vantaan Energian yhdeksästä vara- ja huippulämpökeskuksista. Laitos on jaettu tuotannollisesti kahteen osaan, A- ja B-puoleen, joissa molemmissa on kaksi kattilaa. Raskasöljykattilat K1 ja K2 sijaitsevat lämpökeskuksen A-puolella ja niiden molempien tehot ovat 35 MW. Kattilat on otettu käyttöön vuosina 1973 ja 1975. Niiden pääpolttoaineena on käytetty raskasta polttoöljyä, joka on myös syy A-puolen tuotannon lopettamiseen IE-direktiivin voimaan astumisen myötä.

IED (2010/75/EU, Industrial Emissions Directive, IE-direktiivi) on teollisuuden päästöjä koskeva direktiivi, jolla uudistetaan sekä yhdistetään vanhoja päästöihin liittyviä direktiivejä. Lainsäädäntöohjeen tarkoitus on ohjata teollisuutta käyttämään parasta ja käytökelpoisinta tekniikkaa sekä täsmentää jälkivalvonnallisia säännöksiä. Yleinen tarkoitus direktiivillä on parantaa ilman- ja maaperänsuojelua sekä tuoda kestävä ajattelun mallin tapoja teollisuuteen. Se, missä direktiivin vaikutus näkyy parhaiten, on teollisuuden päästöjen seuranta jo tuotantovaiheessa, jolloin esimerkiksi tuotantolaitokselle on asetettu tietyt päästörajat, joihin on päästävää. [6.]

IE-direktiivin voimaan tuleminen myötä ainoastaan Koivukylän B-puolta on käytetty lämmöntuotannossa. B-puolen kattilat K4 ja K5 ovat molemmat teholtaan 40 MW, ja niiden pääpolttoaineena käytetään maakaasua.

Sähkönjakelu

Lämpökeskuksen sähkönjakelu on jaettu kahteen eri osaan, jolloin molemmilla A- sekä B-puolella on omat sähkönsyötöt. Muuntamot M429 (A-puoli) ja M850 (B-puoli) on tällöin liitetty Vantaan Energian Sähköverkkojen jakeluverkkoon kahdella eri liittymällä. Muuntamoilla on yhteys toisiinsa keskijännitekaapelilla. Muuntamosta M429 on yhteys myös kahteen ulkoiseen muuntamoon (Hosantie 3 ja Kytökuja 3), ja muuntamosta M850 löytyy yhteys yhteen ulkoiseen muuntamoon (Vanha Myllypolku 5). Sähkönjakelukaavio löytyy liitteestä 1.

Muuntajat ja kojeistot

Koivukylän lämpökeskuksen molempien puolien sähkölaitteistoilla alkaa olla käyttövuosia takana. Kuitenkin B-puolen tilanne ei ole vielä yhtä akuutti kuin A-puolen. Taulukosta 1 voidaan vertailla puolien sähkönjakelun kannalta tärkeitä tietoja, joista löytyvät muun muassa valmistusvuodet. Myöhemmin valmistuneen B-puolen 20 kV:n ja 400 V:n kojeistot ovat ilmaeristeisiä vuonna 1986 valmistettuja laitteistoja. Niiden kunto on hyvä ja 400 V:n kojeisto täyttää nykyvaatimukset. Jänniteportaan vaihtamisesta vastaava paisuntasäiliöllinen öljymuuntaja, joka on valmistettu samaan aikaan kojeistojen kanssa, on käyttökuntoinen.

Taulukko 1. Laitoksen sähkönjakelun vertailua

	A-puoli	B-puoli
Kojeisto 20 kV		
In, A	630	630
Muuntaja		
Sn, kVA	800	1600
U ₁ /U ₂ , kV	20 ±2x2,5%/0,4	20 ±2x2,5%/0,4
KytKentä	Dyn11	Dyn11
Zk, %	5,1	6
Valmistusvuosi	1973	1986
Kojeisto 400 V		
In, A	2000 A	2500A

Laskennan ja mitoituksen kannalta tärkeitä tietoja on myös esitetty taulukossa, missä

In on nimellisvirta

Sn on nimellisteho

U₁/U₂ on muuntosuhde

Zk on suhteellinen oikosulkuimpedanssi.

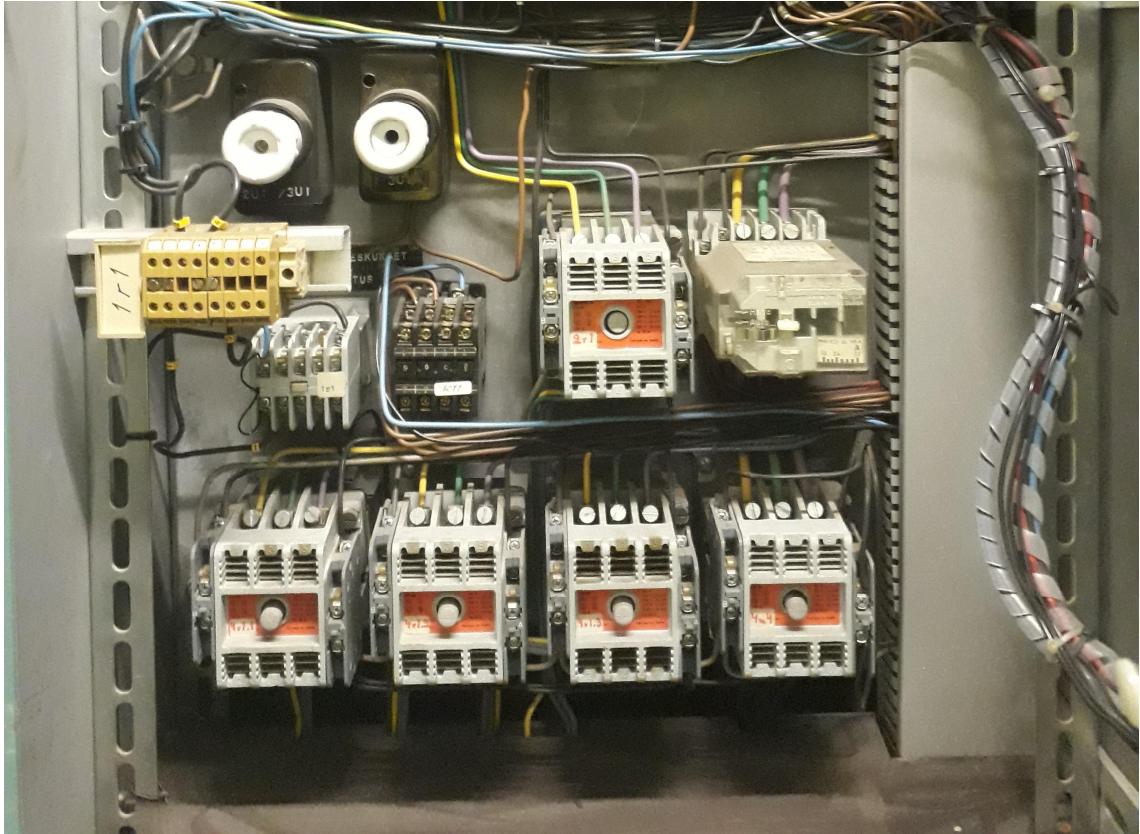
A-puolella vastaavat laitteistot ovat valmistettu vuonna 1973, joten niiden käytössä oloaika on yli 10 vuotta pidempi kuin B-puolen. Aikoinaan Strömbergin valmistama myöskin paisuntasäiliöllinen öljymuuntaja on vielä tiivis. Sen öljyt on analysoitu hiljattain, mutta ajankohta on epäselvä. Muuntaja on kuitenkin vielä käyttökuntoinen korkeasta

iästä huolimatta. Siihen kytketyt 20 kV:n ja 400 V:n kojeistot ovat ilmaeristeisiä. Molemmilla laitteistoilla on käytännössä vielä käyttöikä jäljellä, sekä ne ovat toimintakykyisiä. Tässä insinööriyössä tarkemmin käsiteltävän A-puolen 400 V:n kojeiston käyttökuntoisuudesta huolimatta laitteisto sisältää muutamia epäkohtia. Kojeariston jännitteellisten osien perussuojaustaso voidaan tulkita puutteelliseksi nykyisten määräyksien mukaan.

Parhaan suojan muodostaa toteutus, jossa jännitteiset osat ovat eristetty, sekä kotelointi tai suojukset on toteutettu standardien mukaisesti. Asetus määrittelee pienjännitekeskukselle, jonka jännitteiset osat ovat ilmaeristeisiä, kotelointiluokaksi minimissään IPXXB. Tällöin keskuksen koteloinnin tai suojuksien tulee suojata jännitteisten osien koskettelua sormin. Koteloinnin avaaminen pitäisi olla mahdollista vain työkalun tai keskuksen tarkoitetun avaimen avulla, jotta suojausluokka säilyy. Piirien ja laitteiden tulisi olla käytettävissä ja huollettavissa turvallisuustasoa tiputtamatta. [13. s.70–72; 14. s. 78–83.]

Nykyisen kojeiston ovien lukitusmekanismit ovat talttapäisellä ruuvimeisselillä avattavia lukitusaloja, jotka liikkuvat sivusuunnassa kireyden laskiessa. Ajan saatossa ovien availu on kuluttanut mekanismeja, eivätkä kaikkien ovien lukitukset toimi asianmukaisesti. Keskuksien komponentit eivät täytä perussuojauksen vaatimuksia ovien ollessa auki. Tämä voidaan havaita kuvasta 3, kun komponenttien jännitteelliset osat ovat koskettavissa. Sähkötilan ovi on normaalitilassa lukittu, joten maallikoiden pääsyn tilaan pitäisi olla käytännössä mahdotonta. Kuitenkin riski huoltotöissä tapahtuvaan vahinkoon on suurempi, kun komponenttien suojaus ei ole asianmukaista.

Turvallisuuspuutteet sekä A-puolen tuotannon lopettaminen ovat johtaneet ajatukseen, jossa pienjännitekojeisto uusittaisiin kokonaisuudessaan. Sähköturvallisuuden parantumisen lisäksi laitteiston uusinta mahdollistaisi sähkötilan tehokkaamman käytön, kun vanhaa käyttämätöntä laitteistoa häviäisi. Näin mahdollistettaisiin myös tulevaisuuden mahdolliset hankinnat sähkötekniisessä mielessä. Näitä asioita selvitetään seuraavissa luvuissa.



Kuva 3. Kontaktoreita pienjännitekeskuksessa.

4 A-puoli

Laitoksen A-puolen tuotannon lopettamisen jälkeen prosessiin liittyvät laitteet ovat seisseet käyttämättöminä. Kuvissa 4 ja 5 näkyvät kattilat K1 ja K2 sekä niihin liittyviä laitteita, putkistoja sekä hoitotasoja. Laitoksen kiertäminen ja siihen tutustuminen olivat insinööriyön ensimmäisiä työvaiheita. Jotta voitiin lähteä tekemään tarkempaa selvitystyötä A-puolen sähköistyksestä ja sen tarpeellisuudesta, täytyi olla kokonaiskuva prosessiin liittyvistä ja liittymättömistä laitteista.



Kuva 4. A-puolen kattilahallin alataso.



Kuva 5. A-puolen kattilahallin ylätaso.

4.1 Kojeisto 400 V

Muuntaja syöttää nimellisvirraltaan 2000 ampeerin pääkeskusta CA. Kyseisestä kes-
kuksesta on syötetty suurempia prosessiin liittyviä käyttöjä, kuten iso tehoisia puhalti-
mia ja pumppuja. Suurimpana yksittäisenä sulakelähtönä voidaan mainita kaukoläm-
pöpumpun syöttö, jossa laitetta on suojattu 630 A:n sulakkeilla. Prosessin ulkopuolisia
syöttöjä CA-keskuksesta on otettu työmaapistorasiakeskuksille 6 kpl. Kuvasta 6 voi-
daan havaita, kuinka CA-keskuksen molemmille puolille on sijoitettu keskuksset CB ja
CC.



Kuva 6. Pääkeskus CA sekä keskuksset CB ja CC.

Pääkeskus CA syöttää neljää pienempää 200 A:n keskusta CB, CC, CP ja CL. Keskuksista CB ja CC on käytetty syöttöjä pääosin prosessiin liittyviin laitteisiin. Keskus CB on öljypoltinkeskus, josta syötettiin muun muassa raskasöljypumppuja sekä polttimiin liittyviä ohjauksia. Nämä kaksi keskusta ovat jääneet A-puolen lämmöntuotannon lopettamisen jälkeen lähes tarpeettomiksi, kun prosessiin liittyvät laitteet eivät ole olleet toiminnassa.

Kuvassa 7 näkyvät valaistuksen pääkeskus CP ja ilmastointikeskus CL nimiensä mukaisesti sisältävät pääosin prosessiin liittymättömiä lähtöjä. Ilmastointikeskus syöttää lisäksi piippukeskusta DP, josta löytyvät laitoksen piippuun liittyvät lähdöt, kuten pistorasiat ja lentoestevalaistus. Piippukeskuksen lisäksi ilmastointikeskuksesta on toteutettu laitoksen A-puolen varmennettukeskus EA. Keskuksesta löytyy muun muassa valvomon valaistus- ja pistorasiasyötöt sekä kaukokäyttöön liittyviä lähtöjä. Häiriötilanteissa keskusta varmentaa 20 kVA:n diesel-kone.



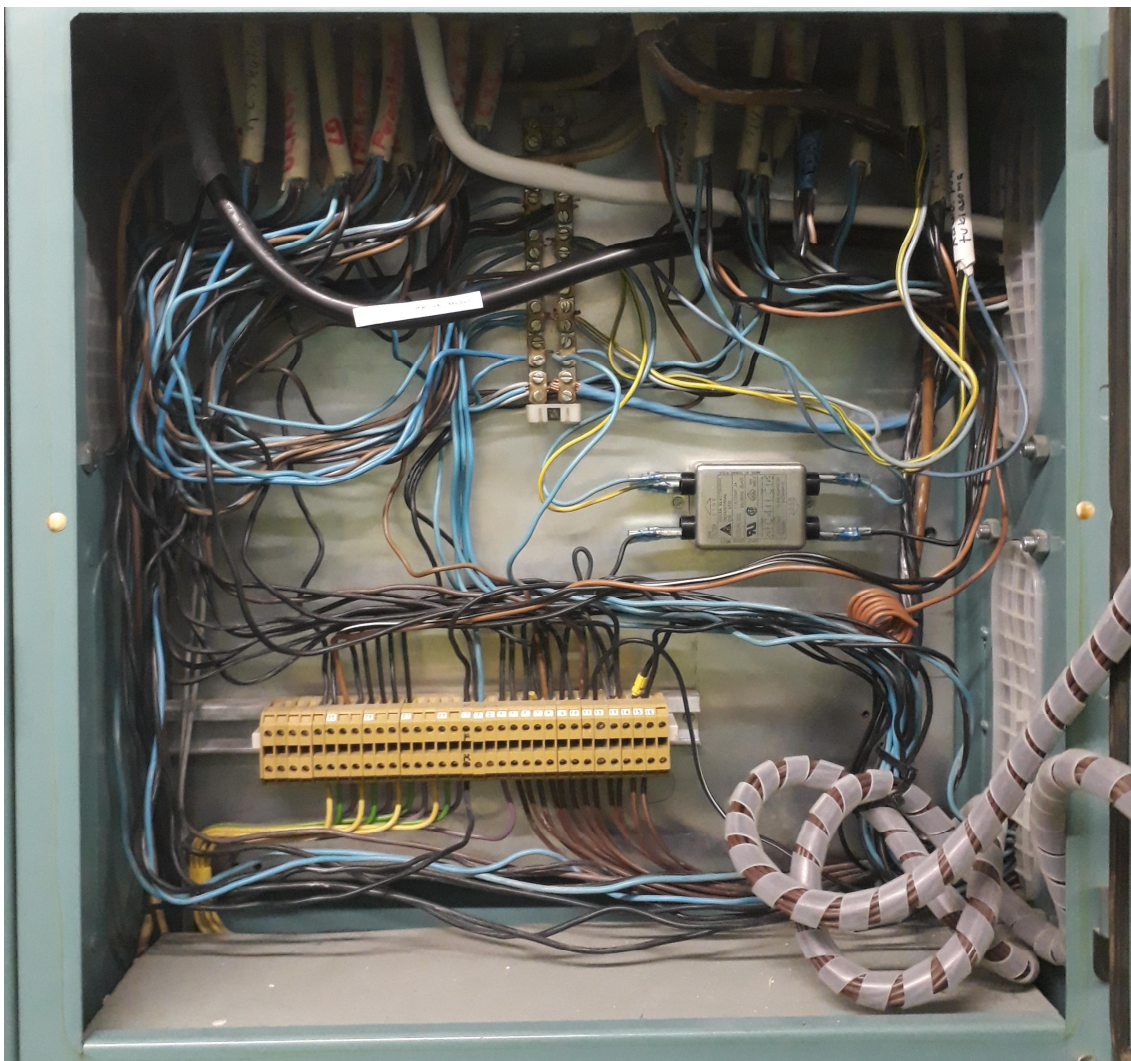
Kuva 7. Valaistuskeskus CP ja ilmastointikeskus CL.

4.2 Syöttöjen selvitystyö

Ensimmäisen haasteen kojeiston lähtöjen kartoittamiseksi loi vanhentunut dokumentaatio ja sen puutteellisuus. Sähköistyksestä löytyi alkuperäiset paperikuvat mapitettuna. Piirustukset ovat suurimmilta osin piirretty 70-luvulla, joten aika on kuluttanut niitä ja osa kuvista oli melko vaikea lukuisia. Sen aikainen piirtotyylä myös eroaa nykyisestä, joten aikaa kului tottua piirustusten lukemiseen. Tutkiessa piirustuksia tuli selville ristiriitoja kuvien kesken ja jopa piirustusten sisällä.

Sähköisiä dokumentaatioita A-puolen kojeistosta eikä sähköistyksestä ollut juurikaan saatavilla. Jotta lähtöjen karsiminen olisi sujuvaa, luotiin vanhojen piirustusten pohjalta keskuskaaviot sähköiseen muotoon. Keskuskaavioita täydennettiin sähkötilasta löytyneiden laminoitujen sähkökuvien avulla. Sähkötilan kuviin oli merkitty ajan saatossa lisättyjä sekä muutettuja lähtöjä.

Työn etenemistä hankaloittivat alkuperäisten kuvien ja sähkötilan laminoitujen kuvien ristiriidat keskenään. Lähdöt saattoivat olla kuvissa eri järjestyksessä, joten selvitystyötä oli tehtävä myös tutkimalla itse kojeistoa. Fyysinen tutkiminen oli tarpeellista myös siitä näkökulmasta, ettei kaikkia uusia lisättyjä lähtöjä ollut välttämättä merkitty dokumentteihin. Näin varmistuttiin, ettei tarpeellisia syöttöjä jää huomiotta, kun lähdetään suunnittelemaan uutta toteutusta. Kuvasta 8 voidaan havaita, kuinka vanhojen kaapeleiden joukosta paljastuu uutta kaapelointia. Kuva antaa myös näkemystä siitä, millaiseen kuntoon keskuksien johdotukset ovat ajan saatossa menneet, kun uusia lähtöjä on lisäilty, eikä alkuperäinen työnjälki ole ollut nykyisen vaatimustason mukaista.



Kuva 8. Valaistuskeskukseen kaapelointia.

Varsinainen lähtöjen karsiminen toteutettiin yhdessä kollegoiden avustuksella. Tiedossa oli, että valaistuskeskus sekä ilmastointikeskus tulisivat pysymään lähes ennallaan syöttöjen kannalta uudessa toteutuksessa. Tästä lähdettiin liikkeelle, mistä saatiin pohja uudelle kojeistolle. Karsimisen edetessä vastaan tuli muutamia syöttöjä, joiden tarpeellisuus oli epävarmaa. Nämä lähdöt tuli selvittää jälkikäteen.

Eniten jälkiselvitystyötä aiheuttivat keskuksat CA, CB ja CC. Kyseiset keskuksat sisältävät pääosin prosessiin liittyviä syöttöjä. Lähtökohtana oli, että kaikki A-puolen prosessiin liittyvät laitteet ja niiden syötöt katoaisivat uudessa toteutuksessa. Näistä lähdöistä kuitenkin osa osoittautui haasteelliseksi karsia, etenkin ohjaussulakkeiden kohdalla. Keskuksat sisältävät paljon lähtöjä, jotka liittyvät muun muassa valvomon toiminnin-

toihin, mittauksiin, kaukolämpöpiirin venttiileihin sekä pumppujen ohjauksiin. Tämänkaltaiset syötöt eivät välttämättä vaikuta pelkästään A-puolen toimintoihin, vaan ne ovat myös osana B-puolen toiminnallisuutta.

Yhteenvedona lähdöistä, jotka jäävät uuteen toteutukseen CA, CB ja CC keskuksista, voidaan mainita seuraavat:

- A-puolen kattilahallin pistorasiakeskukset 6 kpl
- Pv-aseman eli paineenvähennysaseman moottorilähtö
- laitoksen kompressorin syöttö sekä ohjaukset
- ohjaukset liittyen valvomoon ja B-puolen prosessiin.

4.3 Uusi kojeisto

Selvitystyön pohjalta voidaan koostaa jäljelle jääneistä lähdöistä uusi toteutus. Uusi A-puolen pienjännitekeskus tulee olemaan lähinnä kiinteistökeskusta muistuttava toteutus sen lähtöjen käyttötarkoituksen vuoksi. Kojesto koostuu pääpiirteittäin valaistus- ja ilmastointikeskuksen lähdöistä sekä CA, CB ja CC keskuksista jääneistä lähdöistä.

Jäljelle jääneistä laitoksen laitteiden syötöistä koostetaan yhtenäinen listaus ja niihin liittyvät piirikaaviot saatetaan sähköiseen muotoon. Piirikaaviot tarvitaan, jotta voidaan luoda tarjouspyyntö uudesta kojeistosta keskusvalmistajille. Saatujen tarjouksien pohjalta voidaan lähteä suunnittelemaan kojeiston vaihtotyön aikataulua, joka riippuu keskusvalmistajien antamista toimitusajoista.

4.4 Tulevaisuus

Vanhan kojeiston kontaktorit ja muut komponentit alkavat olla käyttöikänsä loppupuolella ja ovat tätä myötä sähkö- ja paloturvallisuusriski. Selvitystyön aikana oli havaittavissa normaalia kovempaa sirinää kojeiston kontaktoreissa. Sähköturvallisuuden lisäksi tulee laitteiston paloturvallisuus parantumaan uuden kojeiston ja sen komponenttien myötä.

Turvallisuuden tärkeyden rinnalla uudella kojeistolla ja sähkötilasta vapautuvalla tilalla haetaan laitoksen käytettävyyden parantuvuutta. Tarpeettomiksi jääneiden keskusten poistussa voidaan sähkötilasta vapautunutta tilaa ottaa hyötykäyttöön. Tulevaisuudessa hankittavia laitteita tai keskuksia voidaan tällöin sijoittaa sähkötilaan, jolloin laitoksen käytettävyyttä voidaan lähteä parantamaan mahdollisilla tulevaisuuden hankinnoilla.

Uuden kojeiston syöttö voitaisiin toteuttaa ottamalla se B-puolelta, ja näin A-puolen liittyminen jäisi kokonaan pois laitoksen sähköjakelusta. Liittymälle on kuitenkin kaavailtu käyttöä tulevaisuudessa. Laitokselle on harkittu hankittavaksi kaukolämpöakku, jonka avulla voitaisiin parantaa lämmön toimitusvarmuutta sekä energiatehokkuutta.

Kaukolämpöakulla tarkoitetaan varastointimenetelmää, jolla voidaan säilöä kaukolämpöä. Akun toimintaperiaate perustuu sen kykyyn varastoida lämpöä, kun lämmöntuotanto ylittää kulutuksen ja taas toisaalta luovuttaa lämpöä verkkoon, kun tuotanto alittaa kysynnän. [12.] Vantaan Energian kaukolämpöverkkoon on liitetty kaksi akku, jotka sijaitsevat Jätevoimalalla sekä Martinlaakson voimalaitoksella. Näistä kahdesta esimerkkinä on Jätevoimalan kaukolämpöakku, joka on vettä täynnä oleva eristetty teräs-säiliö, tilavuudeltaan 11618 m³. Jos tulevaisuudessa Koivukylän lämpökeskukselle hankittaisiin saman kokoluokan akku, sen vaikutus laitoksen sähköjakeluun olisi merkittävä.

Kaukolämpöakulle hankittaisiin uusi keskus, jonka avulla toteutettaisiin akun vaatimat syötöt sekä ohjaukset. Tutkiessa Jätevoimalan sähköpiirustuksia voidaan huomata, että osa kaukolämpöakun pumppujen moottoreista toimivat 690 V:n jännitteellä niiden suuren teholuokan vuoksi. Tämä tarkoittaisi A-puolen liittymän muuttamista 20/0,69 kV:n jännitejakeluksi, jolloin myös insinööriyössä keskityttyyn 400 V:n keskukseen tulisi ottaa syöttö B-puolelta.

Vaikka A-puolen 20 kV:n kojeisto sekä muuntaja ovat vielä käyttökuntoisia, tulisi niiden uusimista harkita tulevaisuudessa. Etenkin miettiessä kaukolämpöakun hankintaa laitokselle tulisi tässä vaiheessa muuntajan uusiminen vastaan jännitejakelun muutoksen vuoksi. Siinä samalla olisi suositeltavaa tehdä 20 kV:n kojeiston uusinta. Vaikka lähitulevaisuudessa uusien toteutuksien hankinta ei tapahtuisikaan, joudutaan uudistus tekemään laitteiston vanhenemisen vuoksi.

5 Purkutöiden suunnittelu

Insinööriyön aiheeseen liittyy oleellisesti myös tulevien purkutöiden aiheuttamat haasteet ja tarpeet, jotka tulee ottaa huomioon lähdetessä suunnittelemaan vanhan kojeiston vaihtamista. Koko A-puolen pienjännitekojeisto joudutaan tekemään jännitteettömäksi vaihtotyön ajaksi, jolloin tarpeellisille lähdöille tulisi miettiä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Laitoksen tarvitsemien syöttöjen lisäksi purkutyöt sekä kojeiston asennukseen vaadittavat sähkösyötöt tulisi järjestää väliaikaisella järjestelyllä työn ajaksi. Seuraavissa alaluvuissa pohditaan myös A-puolen rakennusvuoden kannalta oleellisia huomioita rakennusmateriaalien suhteen.

5.1 Asbestin huomioon ottaminen

Kuitumaisille silikaattimineraaleille eli asbestille on ominaista sen pölyävyys purku- ja käsittelytilanteessa. Kuitujen pienen koon vuoksi ne kulkeutuvat hengitysteitä pitkin, ohittaen hengityselinten suojamekanismit. Asbestipöly kertyy keuhkoihin jokaisen altistumiskerran myötä, joten mitä useammin asbestia joutuu kehoon, sitä suuremmalla todennäköisyydellä voi sairastua syöpään. Asbestin aiheuttamat oireet ilmaantuvat yleisesti vasta kymmenien vuosien jälkeen, joten altistumista ei huomata heti käsittelyvaiheessa. [7.]

Lähdetessä suunnittelemaan kojeiston purkutöitä tuleekin ottaa huomioon mahdollinen asbesti rakenteissa. A-puolen kattiloiden käyttöönotot sijoittuvat vuosille 1973 ja 1975, joten laitoksen rakennustyöt sijoittuvat ajanjaksolle, jolloin asbestia käytettiin rakentamisessa. Rakennusmateriaaleissa asbestia on käytetty Suomessa vuosina 1922–1992, joista vuodet 1963–1979 ovat olleet asbestin käytön kannalta erityisen runsaat. [7.] Työterveyslaitos kirjaa julkaisussaan Asbesti rakennusmateriaaleissa asbestin käyttökohteita seuraavasti:

- asbestiruiskutukset v.1939–77
- putki-, varaaja- ja kattilaeristeet
- asbestisementtiset tuotteet v. 1920–89
- palonsuoja- ja akustiikkalevyt
- asbestipahvi, -huopa ja -kartonki
- asbestilangat, -punokset, -nauhat ja -kankaat
- lattiamateriaalit
- muovitapetit
- keraamisten seinälaattojen kiinnityslaastit
- seinä- ja lattiatasoitteet, rappauslaastit
- liimat
- bitumikatteet, -emulsiot, -liuokset, -maalit ja -kitit
- maalit ja julkisivurappaukset
- tiivistys- ja saumausaineet, kitit proppausmassat
- palo-ovet
- uunit, kiukaat ja savuhormit
- kumikatteet ja -matot
- pinnoitetut teräslevyt
- ilmanvaihtolaitteistot [10].

Asbestikartoituksen avulla saadaan selville edellä lueteltujen materiaalien ja käyttökohteiden asbestipitoisuudet. Vuoden 2016 alussa voimaan astunut asetus määrää suorittamaan kartoituksen ennen vuotta 1994 rakennettuihin kiinteistöihin, joihin ollaan suunnittelemassa rakenteiden purkutöitä. Asbestikartoituksessa otetaan purkutöihin liittyvistä materiaaleista näytteitä, joiden pohjalta kartoituksen teettäjälle luodaan raportti. Siitä käy ilmi rakenteet, jotka sisältävät asbestia. Raportissa on esitetty löydetyn asbestin määrä, laatu, sekä annettu ohjeistus kyseisen materiaalin käsittelymenetelmiin. Raportista selviävät myös ne materiaalit ja rakenteet, joista näytteidenotossa ei löytynyt asbestia. [8; 9.]

Vaikka kojeiston purkutöissä ei varsinaisesti pureta kiinteistön rakenteita, kannattaa asbestikartoitus suorittaa varmistuakseen mahdollisista pitoisuuksista rakenteissa. Kyseisen kohteen mahdollisia asbestia sisältäviä materiaaleja voisivat olla edellä mainituista muun muassa sähkötilan palokatkot sekä lattiamateriaalit. Toisaalta laitoksen rakennusvuosi viittaa siihen, että asbestia voi löytyä mistä tahansa sähkötilasta. Kun kojeisto tullaan purkamaan, sen kiinnitys on mitä luultavammin tehty lattiaan tai seinään, jolloin rakenteiden rikkoutuminen on mahdollista. Joitakin keskuksille tulevia kaapeleita joudutaan luultavasti uusimaan vaihtotyön aikana, jolloin myös palokatkot on puhkaistava sähkötilaan tulevasta reiästä. Turvallisuuden kannalta onkin siis tärkeää, että asbestille tehdyt säännökset otetaan huomioon jo heti purkutöiden suunnittelun alkuvaiheilla.

5.2 Kojiston saattaminen jännitteettömäksi

Rakenteellisten ja mekaanisten purkutöiden ollessa selvillä pitää kojeisto tehdä jännitteettömäksi. Jotta keskuksien purkaminen olisi turvallista, täytyy kojeiston erottaminen tehdä asiallisesti. Sähkötyöturvallisuusstandardi 6002 määrittelee vaatimuksia yleisesti työskentelykäytännöille sekä tarkempia ohjeita jännitteettömänä työskentelylle.

Yleisesti ottaen ryhdyttäessä minkäänlaiseen työhön, on työlle suoritettava sovellettavissa oleva riskiarvio. Työhön vaaditut suojaustoimenpiteet on myös otettava huomioon. Ainoastaan käyttöä valvoja henkilö voi antaa luvan työn suoritukselle. Kyseisellä henkilöllä tai työnsuorituksesta vastaavalla on vastuu välittää tarkat ja selkeät ohjeet työn suorittajalle ennen työn aloittamista aina sen päättymiseen saakka. Jotta tällainen ohjeistus on mahdollista antaa, on täytynyt selvittää sähkölaitteiston rakenne, sekä kartoitettu kyseisen kohteen riskit. [15.] Ohjeistuksen avulla voidaan alkaa toteuttaa muita sähkötyöturvallisuuden parantamiseksi käytettäviä toimenpiteitä, tässä tapauksessa kojeiston jännitteettömäksi tekeminen.

Sähkölaitteiston rakenteen määrittely ja tiedostaminen ovat avainasemassa, jotta laitteisto voidaan tehdä luotettavasti jännitteettömäksi. Jotta jännitteettömyys säilyy varmasti koko työn ajan, tulevat seuraavaksi luetellut toimenpiteet suorittaa kyseisessä järjestyksessä:

- täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
- työmaadoittaminen
- suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta [15].

Standardi määrittelee edellä mainituille toimille tarkempia määritelmiä. Täydellisellä erottamisella tarkoitetaan kohteen kaikkien syöttöjen poistamista, ilmaväliä tai eristettä apuna käyttäen. Näin voidaan varmistua erotuksen pysyvyydestä. Kyseisessä toimenpiteessä korostuu sähkölaitteiston rakenteen tutkiminen etukäteen. Työkohde on tehtävä jännitteettömäksi erityisen harkiten, jos on mahdollisuus, että jännite voidaan kytkeä kohteeseen useammasta suunnasta. Luotettavia erottamiseen käytettäviä tapoja ovat erotin, erotuskytkin, sulakkeiden poistaminen, soveltuva erottamiseen tarkoitettu katkaisija tai vikavirtasuoja. [15.]

Erottamisen jälkeen tulee varmistua siitä, ettei jännitteen kytkeminen ole mahdollista työkohteeseen. Jännitteen kytkemisen estäminen tapahtuu lukitsemalla erottamiseen tarkoitettujen laitteiden käyttömekanismi. Työkohde tulee merkitä siihen tarkoitetuilla varoituskilvillä, joissa kielletään uudelleenkytkentä työn ollessa kesken. Joissakin tapauksissa on myös tarpeen purkaa sähkölaitteistossa oleva varaus, esimerkiksi piirit, jotka sisältävät kondensaattoreita. Varauksen purku tehdään käyttäen siihen tarkoitettuja työvälineitä. [15.]

Laitteiston erottamisen ja kytkennän estämisen ollessa toteutettu ohjeistuksen mukaisesti, täytyy kohteen jännitteettömyys todeta. Toimenpide toteutetaan esimerkiksi jännitteenkoettimella, jolla tulee todeta työkohteen käyttöjännitteetön tila laitteiston kaikista vaiheista tai navoista. Työn keskeytyessä ja palattaessa takaisin työkohteeseen tulee jännitteettömyys todeta uudelleen ennen töiden aloittamista. [15.]

Sähkölaitteiston ollessa varmistetusti jännitteetön tulee laitteisto työmaadoittaa kaikissa suurjännitelaitteistoissa, sekä joissakin pienjännitelaitteistoissa. Työmaadoittaminen estää jännitteen pääsyn laitteistoon virhetilanteen tai vieraan jännitteen takia. Maadoitus tapahtuu oikosulkemalla ja maadoittamalla ne sähkölaitteiston osat, joissa työskentely tapahtuu. Maadoitusta tehdessä tulee ottaa huomioon, että työmaadoitusvälineet kytketään ensin maadoituspisteeseen ja vasta sen jälkeen maadoitettaviin osiin. Purettaessa työmaadoitusta järjestys on päinvastainen. [15.]

Suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta on viimeinen toimenpide, joka tulee suorittaa, jotta jännitteettömyys työn aikana on taattu. Lämpökeskuksen kojeiston purkutöiden aikana lähettyvillä ei kuitenkaan ole jännitteisiä osia, joten tähän ei perehdytä työssä enempää. Mietittäessä kyseisen kohteen jännitteettömäksi tekemistä voidaan sähkötyöturvallisuusstandardista huomioida muutama tarkemmin määritelty kohta.

Standardissa kohta 6.2.3 määrittelee kansallisia lisävaatimuksia purkutyökohteen jännitteen kytkemisen estämiselle. Jotta tällaisen kohteen erottaminen olisi standardin mukainen, tulee syöttö irrottaa syöttävästä keskuksesta tai verkosta. Tässä tapauksessa muuntajan ensiön puolelta avataan 20 kV:n erotin sekä katkaisija. Toisiopuolen 2000 ampeerin kuormanerotin myös avataan ja syöttävän kaapelin johtimet irrotetaan keskuksen kiskostosta.

Standardi määrittelee lisäksi pienjännitelaitteistolle sopivia menetelmiä jännitteettömyyden toteamiseksi kohdassa 6.2.4.1. Kyseiselle kohteelle voidaan luotettavana tapana pitää kaksinapaisen jännitteenkoettimen tai yleismittarin käyttöä. Mittarilla tai koettimella todetaan laitteiston jännitteettömyys äärijohtimista, sekä nolajohtimesta. Jännitteettömyyden toteamisen jälkeen, tulee miettiä, täytyykö kohde työmaadoittaa.

Kaikkien pienjännitelaitteistojen työmaadoittaminen ei ole pakollista, mutta sähkötyöturvallisuusstandardi määrittelee nämä erityiskohteet, joissa työmaadoittaminen tulee tehdä. Kyseisen pienjännitekojeiston purkuun liittyen voidaan standardin kohdasta 6.2.5.2 huomata, että työmaadoitus on tehtävä suurivirtaisissa kohteissa, joiden mitoitusvirta ylittää 1000 A. Kojeiston ollessa nimellisvirraltaan 2000 ampeeria voidaan jo pelkästään tämän vuoksi olettaa, että työmaadoittaminen on tehtävä kyseissä purettavassa kohteessa. Maadoitus voidaan toteuttaa muuntajan toisiopuolella sekä itse kojeiston kiskostolla. Näin varmistutaan työmaadoituksen pitävyydestä työn aikana.

5.3 Tarpeet työn aikana

Kojeiston jännitteettömyyden vuoksi laitoksen A-puolen sähkönsyötöt ovat poissa käytöstä. Kyseisen puolen tuotannon lopettamisen myötä kojeiston jännitteettömyys vaikuttaa tuotannollisesti ainoastaan B-puoleen. Aiemmin selvitetty B-puolen prosessiin vaikuttavat sähkönsyötöt tulee tarpeen mukaan korvata vaihtotyön ajaksi. Kojeiston purku sekä uuden asennus tultaisiin tekemään lämmityskauden ulkopuolella, jolloin laitoksen tuotannolliset tarpeet ovat pienet kaukolämpöverkon kannalta. Mahdollisuuksien mukaan koko laitos olisi vaihtotyön ajan poissa käytöstä. Kuitenkin on varauduttava näiden tarpeellisten syöttöjen ja ohjauksien korvaamiseen.

A-puolen kannalta syöttöjen puuttuminen voidaan havaita muun muassa valaistuksen häviämisenä. Kojeiston vaihtotyön aikana valaistusta tarvitaan sähkötilassa, aulaissa sekä sosiaalityötiloissa. Mahdollisesti myöskin valvomon valaistuksen syötöt tulee korvata tilanteen mukaan. Tilapäisjärjestelyjä miettiessä tulee ottaa huomioon etenkin sähkötilassa tapahtuvan työskentelyn tarpeet valaistuksen kannalta, kun vanhaa kojeistoa puretaan ja siirretään pois sähkötilasta sekä asennettaessa uutta.

Työnaikaiset tarpeet eivät rajoitu kuitenkaan pelkästään valaistuksen puuttumiseen, vaan purettavalta kojeistolta on toteutettu laitoksen ilmanvaihto. Huippuimurit, puhaltimet, pumput ja kojeet saavat syöttönsä CL-keskukselta. Mahdollisesti kesäaikaan sijoittuva purkutyö luo haasteelliset olosuhteet sähkötilaan. Lämpötila voi nousta korkeaksi, ja ilmanvaihtuvuuden tarve tulee ottaa huomioon myös työn aikana syntyvän pölyn vuoksi. Ilmanvaihdon syötöt ovat moottorilähtöjä, joten niiden korvaamista miettiessä tulee ottaa huomioon lähtöjen komponentti tarpeet. Muun muassa kontaktoreita sisältävät lähdöt tulisi korvata samantyyppisillä toteutuksilla, joka olisi ajallisesti ja vaivallisesti epäkäytännöllistä. Hyvänä vaihtoehtona voitaisiin pitää työmaalle erillisen ilmanvaihtokoneen hankkimista, jolla voitaisiin toteuttaa työnaikaiset tarpeet.

Ottaen huomioon kaikki vaihtotyön aikana tarvittavat sähkönsyötöt yhtenä hyvänä ratkaisuna voitaisiin nähdä työmaakeskuksen hankkimista A-puolelle. Keskuksen tyyppin valitsemisessa tulee ottaa huomioon myös työnaikana tarvittavat työkalut, jotka tarvitsevat sähkönsyöttöjä. Työmaakeskuksessa tulisi siis olla mahdollisimman laajasti erikokoisia pistorasioita sekä johdonsuojakatkaisija lähtöjä. Seuraavassa alaluvussa on mietitty keskuksen syöttämiseen liittyviä näkökulmia.

5.4 Työmaakeskuksen syöttäminen

Kaapelin ja sitä suojaavan suojalaitteen valintaa tehdessä on otettava huomioon tarpeen kesto. Työmaakeskuksen ollessa vain tilapäinen ratkaisu, on syöttävän kaapelin oltava tarpeet täyttävä, mutta kustannustehokas. Kaapelin mitoituksessa ei tarvitse tässä tapauksessa huomioida kuormitettavuuden mahdollista kasvamista tulevaisuudessa, mikä tulee tehdä, kun valitaan kaapelia pysyväisratkaisuun. Tässä tapauksessa suurimpina tekijöinä kaapelin valinnassa ovat keskuksen kokoluokka eli kuormitus, kaapeloinnin reitti sekä matka.

Standardi määrittelee ehtoja johtimien ja suojalaitteiden yhteen sovittamiselle. Ensimmäisen ehdon mukaan valitun suojalaitteen mitoitusvirran tulee olla pienempi tai yhtä suuri, kuin virta, jolla johdinta kuormitetaan jatkuvasti. Toisaalta taas piirin suunniteltu virta täytyy olla pienempi tai yhtä suuri, kuin suojalaitteen mitoitusvirta. Toinen ehto määrittelee suojalaitteelle annetun virran, jolla laite toimii sille annetussa toiminta-ajassa. Kyseinen virta on määritelty laitestandardissa tai se voidaan saada valmistajalta. [16. 6000-4-433] Seuraavassa esitellään nämä ehdot kaavamuodossa.

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

I_B on piirin suunniteltu virta

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_n on suojalaitteen mitoitusvirta

I_2 on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa. [16. 6000-4-433.]

Jotta asennus voidaan suunnitella luotettavaksi ja taloudelliseksi ottaen huomioon sallitut lämpenemiset ja jännitteenalenemat, on tärkeää määritellä suurin kuormitus. [16. 6000-1-311] Tässä tapauksessa kaapelille aiheutuva kuormitus määräytyy valitun keskuksen nimellisvirran mukaan. Oletetaan, että kaapelin suojaukseen käytettäisiin gG-tyyppistä kahvasulaketta. Taulukosta 2 voidaan lukea sulakkeen eri kokoluokkia nimellisvirtoina. Haluttu sulakekoko valitaan taulukosta, jonka myötä voidaan todeta johtimel-

le asetettu kuormitettavuuden minimiarvo ampeereissa. Tässä arvossa ei kuitenkaan ole huomioitu vielä johtimeen kohdistuvia ulkoisia tekijöitä.

Taulukko 2. Sulakkeiden nimellisvirrat ja niitä vastaavat johtimien kuormitettavuuksien minimiarvot [16. 6000-5-52 Liite 52Y].

gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A	Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo A
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

Asennustapa, johdin- ja eristemateriaalit, muiden virtapiirien läheisyys sekä ympäristön lämpötila ovat johtimen kuormitettavuuteen vaikuttavia osatekijöitä. Nämä kohdat voidaan huomioida yksitellen käyttäen SFS 6000 -standardista löytyviä korjauskertoimia, jolloin saadaan tarkka arvo johtimelta vaaditulle kuormituksen kestolle. Yleensä ei kuitenkaan ole tarpeen tehdä näin tarkkaa mitoitusta kuormitukselle, jolloin pärjätään esimerkiksi taulukon 3 mukaisella mallilla. [14. s. 216, 217.]

Taulukko 3. Johdoille laskettuja kuormitettavuuden arvoja ampeereina neljällä eri asennustavalla. [14. s. 217]

Johdinten nimellispoikkipinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
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
Alumiini				
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	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Taulukossa kirjaimilla A, C, D ja E merkitään eri asennustapoja, jotka ovat uppoasennus (A), pinta-asennus (C), maa-asennus (D) ja vapaasti ilmaan asennettu (E). Havaittavat kuormitettavuus arvot on laskettu yksinkertaistetusti PVC-eristeisille kolmivaihepiireille. Tällöin on mahdollista soveltaa annettuja arvoja myös PEX-eristeisille kaapeleille, sekä yksivaihepiireille. [14. s. 216, 217.] Taulukosta voidaan suoraan lukea halutun mukaiselle asennustavalle määritelty johdon kuormitettavuus arvo ampeereissa eri poikkipinta- ja alumiinikaapeleille. Kuormitettavuudella on siis merkityksensä

kaapelin poikkipinta-alan valitsemisessa, mutta siihen vaikuttavat myös jännitteenalenema sekä vikasuojauksen vaatimukset.

SFS 6000 -standardi määrittelee jännitteenalenemalle maksimiarvoja liitteessä 52G. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, ettei liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä jännitetaso saisi pudota sallittujen rajojen alle. Standardin suositus on, ettei pienjänniteasennuksen jännitteenalenema saisi olla suurempi kuin 3 % valaistuskäyttöön tarkoitetuissa asennuksissa. Muulle käytölle suositellaan 5 %:n maksimijännitteenalenemaa. Nämä ovat suosituksia, jolloin liite määrittelee myös tarkempia määräyksiä ja helpotuksia tapauskohtaisesti. [16. 6000-5-52 Liite 52G.] Jännitteenalenema on myös yksi osatekijä, kun mitoitetaan piirin vikasuojaukselle vaadittuja ominaisuuksia.

Kun suunnitellaan asennuksen vikasuojauksen toimivuutta, täytyy ottaa huomioon SFS 6000 -standardin määrittelemät vaatimukset. Suojalaitteille on annettu laitekohtaisesti vaaditut toiminta-ajat, joissa suojalaitteen tulee toimia vikatilanteessa. Suojalaitteen toimivuuteen vaikuttaa piirin oikosulkuvirta vikatilanteessa, ja tämän virran tulee olla mitoitettu tarpeeksi suureksi, jotta suojaus toimii. Kaapelin valinnalla vaikutetaan oikosulkuvirran suuruuteen sen ominaisimpedanssin avulla, joka on eri suuruinen eri kaapeli poikkipinta-aloilla. Tämä impedanssi otetaan myös huomioon, kun lasketaan johdon maksimipituutta, jolloin asennuksen vikasuojaus toimii vielä vaaditulla tavalla. [14. s. 92–97]

Mietittäessä työmaakeskuksen syöttämistä voidaan todeta, että keskuksen syöttävän kaapelin pituus tulee huomioida erityisen tarkkaan suunnitteluvaiheessa, unohtamatta kaikkia edellä mainittuja tekijöitä. A-puolen ollessa täysin sähkötön täytyy työmaakeskuksen syöttö ottaa joltakin B-puolen vapaalta lähdöltä. Tämä tarkoittaa sitä, että kaapelille kertyy matkaa, kun se joudutaan tuomaan läpi laitoksen. Asennuksen ollessa väliaikainen kaapeli voitaisiin tuoda esimerkiksi lattiaa pitkin, jolloin välttyttäisiin muilta asennukseen liittyviltä tekijöiltä. Kaikkien niiden ehtojen täyttämiseksi, joita suojalaitteen ja kaapelin valinnalta edellytetään, tulee mitoitus tehdä harkiten jo heti alkuvaiheessa.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli kartoittaa Vantaan Energian Koivukylän lämpökeskuksen sähkölaitteistoa, pääpainona A-puolen 400 V:n kojeisto. Työlle oli oleellista selvittää nykyisten lähtöjen ja syöttöjen tilannetta siltä kannalta, että voitaisiin valmistautua kojeiston uudistukseen ja siihen liittyviin seikkoihin. Tämän lisäksi haluttiin ottaa huomioon mahdolliset tulevaisuuden suunnitelmat.

Työn aikana havaittiin kojeiston vanhan iän lisäksi, ettei se täytä nykyvaatimuksia muun muassa kosketussuojauksen osalta, sekä arvioitiin, että kojeiston kunnan vuoksi se alkaa olla turvallisuusriski. Selvitystyötä tehtiin paikan päällä kojeistoa tutkien sekä vanhoja dokumentteja hyödyntäen. Kartoituksen ohessa voitiin suunnitella tulevaa kojeiston vaihtotyötä sekä siihen liittyviä haasteita ja ongelmia.

Selvitystyön tuloksena saatiin listaus uuteen kojeistoon jäävistä lähdoistä, jotka ovat tarpeellisia tulevaisuudessa. Tätä tietoa hyödyntäen voidaan toteuttaa uuden laitteiston kilpailutus ja näin aloittaa kojeiston vaihtoprojekti. Työssä otettiin myös kantaa purku- ja vaihtotyön tuomiin ongelmiin muun muassa rakennusmateriaalien ja työnaikaisen sähköistyksen muodossa. Näihin haasteisiin on esitetty vaihtoehtoisia näkemyksiä ja osittain yritetty niiden ratkaisua. Insinööriyö saavutti sille asetetut tavoitteet, ja se edistää tulevaisuuden projektin etenemistä.

Lähteet

- 1 Vantaan Energia. 2017. Verkkoaineisto. Vantaan Energia <<https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>>. Luettu 10.10.2017.
- 2 Vantaan Energia -konsernin tilinpäätös 2016. Verkkoaineisto. Vantaan Energia <<https://vantaanenergia.s3-eu-west-1.amazonaws.com/uploads/20170419133222/VE-tilinpaatos-2016.pdf>>. Luettu 10.10.2017.
- 3 Kaukolämmön tuotanto. 2015. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto/>. Luettu 12.10.2017.
- 4 Jätevoimala toi kaukolämmön vielä lähemmäs. 2017. Verkkoaineisto. Vantaan Energia. <<https://www.vantaanenergia.fi/lampo/nykylampo/jatevoimala-toi-kaukolammon-viela-lahemmas/>>. Luettu 13.10.2017.
- 5 Kaukolämpöverkko. 2017. Verkkoaineisto. Vantaan Energia <<https://www.vantaanenergia.fi/lampo/>>. Luettu 15.10.2017.
- 6 Puheloinen, Eeva-Maija; Ekroos, Ari; Warsta, Matias; Watkins, Gary; Harju-Oksanen, Mari-Linda; Dahl, Olli. 2011. Teollisuuden päästödirektiivin (IED) voimaansaatminen ja muita ympäristönsuojelulain kehittämisajatuksia. Ympäristöministeriön raportteja 6/2011. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 7 Asbesti. 2017. Verkkoaineisto. Työsuojeluhallinto. <<http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala/asbesti/>>. Päivitetty 10.05.2017. Luettu 19.11.2017.
- 8 Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista 684/2015. 2015. Verkkoaineisto. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150684>>.
- 9 Mikä on asbestikartoitus, entä miten asbestikartoitus tehdään? 2017. Verkkoaineisto. Urakkamaailma. <<https://www.urakkamaailma.fi/asbestikartoitus>>. Luettu 19.11.2017.
- 10 Asbesti rakennusmateriaaleissa. 2016. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/asbesti-rakennusmateriaaleissa.pdf>>.
- 11 Anttonen, Kari. 2011. Kaukolämpöverkon paluuveden hyödyntäminen lämmityksessä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta. Doria julkaisuarkisto.

- 12 Viander, Tero. 2014. Kaukolämpöverkon käytön optimointi. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta. Doria julkaisuarkisto.
- 13 SFS-EN 61439-1. Pienjännitekeskukset, Osa 1: Yleisvaatimukset. 2013. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 14 D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.
- 15 SFS 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2017. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 16 SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset. 2017. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto

