

Lauri Kauppala

# Käyttöönotto- ja koestusohjeistus Kilpilahden teollisuusalueen sähkökoestuksiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

4.6.2013

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Lauri Kauppala Käyttöönotto- ja koestusohjeistus Kilpilahden teollisuusalueen sähkökoestuksiin 28 sivua + 2 liitettä 4.6.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarno Varteva projektipäällikkö Mikko Syväoja
<p>Tämä sähkövoimatekniikan insinööriyö tehtiin YIT Teollisuus Oy:lle. Työn tavoitteena oli luoda käyttöönotto- ja koestusohjeistus Kilpilahden teollisuusalueen sähkökoestuksiin. Ohjeistuksen tarkoitus on helpottaa Kilpilahteen töihin tulevan koestajan työn aloittamista ja perehdyttää alueen toimintatapoihin, työmenetelmiin, vaatimuksiin sekä määräyksiin.</p> <p>Kilpilahden teollisuusalueella käsitellään helposti syttyviä, räjähtäviä, haitallisia ja myrkyllisiä aineita. Sen vuoksi asennuksille, laitteille ja työmenetelmille on tiettyjä vaatimuksia sekä ohjeistuksia ja työturvallisuuteen on kiinnitetty paljon huomiota. Neste Oilin jalostamolla on käytössä myös erilaisia lupakäytäntöjä, joilla pystytään kontrolloimaan ja valvomaan alueella suoritettavia töitä.</p> <p>Insinööriyö tehtiin seuraamalla kolmen kuukauden ajan YIT Teollisuus Oy:n palveluksessa Neste Oilin jalostamolla työskentelevän koestajan työtä ja tutustumalla Neste Oilin laatu- ja turvallisuusmääräyksiin sekä toimintatapaohjeisiin. Työssä keskityttiin erityisesti uuden prosessimuuntamon M098-sähköistykseen, toimintatesteihin ja käyttöönottoon. Työn edessä seurattiin myös alueella suoritettavia muita pienempiä projekteja.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi käyttöönotto- koestusohjeistus, jossa on käyty ensin läpi pääpiirteittäin Kilpilahden teollisuusalueen ja Neste Oilin jalostamon turvallisuusmääräyksiä, työlupakäytäntöjä ja toimintaohjeita. Ohjeistuksessa on kerrottu myös koestajan toimenkuvasta, koestuksien suorittamiseen liittyvistä toimintatavoista ja käytännönjärjestelyistä sekä on käyty läpi tavallisimpia alueella suoritettavia mittauksia ja mittaustulosten dokumentointia.</p> <p>Tutkimuksen aikana ei päästy tekemään kaikkia alueella suoritettavia koestustehtäviä, joten kokemus esimerkiksi keskijännitekojeistojen ja väyläohjattujen moottorilähtöjen koestamisesta jäi vähäiseksi. Tämän takia ohjeistus vaatii vielä päivittämistä, mutta se toimii hyvänä pohjana, johon on myöhemmin helppo lisätä ja päivittää tietoa.</p>	
Avainsanat	koestusohje, käyttöönotto, turvallisuusmääräykset

Author Title Number of Pages Date	Lauri Kauppala Commissioning- and Testing-Specification of Electrical Tests for the Kilpilahti Industrial Area 28 pages + 2 appendices 4 June 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Jarno Varteva, Senior Lecturer Mikko Syväoja, Project Manager
<p>This final project in electrical power engineering was carried out for YIT Teollisuus Oy. The main objective of this work was to create a commissioning- and testing-specification of electrical tests for the Kilpilahti industrial area. The purpose of the specification is to make it easier for a tester to start working in the Kilpilahti area and to brief him to procedures, work methods, requirements and instructions of the area.</p> <p>In Kilpilahti's industrial area materials which are combustible, explosive, harmful and toxic are processed. That is the reason why there are specific requirements and specifications for installations, devices and work methods and a lot of attention is paid to work safety. In Neste Oil's refinery different kinds of permission conventions are also used. With permission conventions it is possible to control and oversee the work that is done in the area.</p> <p>This final project was made by observing for three months one tester who works for YIT Teollisuus Oy at Neste Oil's refinery and by getting acquainted with Neste Oil's quality and safety instructions and procedures. This final project is especially focused on the new process transformer substation's M098-electrifying, functional testing and commissioning. While doing this written work, some smaller projects made in the area were also followed.</p> <p>As a result of this final project a commissioning- and testing-specification was formed. First, Kilpilahti's industrial area and Neste Oil's refinery's safety instructions, work permit policies and procedures are reported. In the specification, tester's work description, procedures which are related to testing and practical arrangements are explained. Also the most common tests and the documenting of measurements made in the area are reported.</p> <p>During the research there was no possibility to do all kinds of tests and therefore the experience of, for example, testing medium voltage switchgears and bus interface motor-outputs remains slight. That is why the specification still needs updating but it works as a good basis where information can easily be added and updated.</p>	
Keywords	testing-specification, commissioning, safety instructions

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työturvallisuus ja lupakäytännöt Porvoon Jalostamolla	3
2.1	Turvallisuus Kilpilahdessa	3
2.2	Jalostamon alueet	3
2.3	Kulkulupa	4
2.4	Henkilökohtaiset suojaimet	4
2.5	Työlupa ja sähkötyövalmiuslupa	5
2.6	Ajolupa	7
2.7	Työkokonaisuuden riskien arviointi	7
2.8	Turvallisten työtapojen suunnittelu	8
3	Prosessimuuntamon M098-sähköasennukset	10
3.1	Yleistä muuntamon M098-sähköasennuksista	10
3.2	Muuntamon rakenne ja sähkölaitteisto	10
3.2.1	Muuntamorakennus	10
3.2.2	Muuntajat	10
3.2.3	Muuntamon sähkönjakelu ja automaattinen syötönvaihto	11
3.2.4	Kennotermiinaalit	12
3.2.5	Ohjaustaulu	13
3.2.6	Tasajännite- ja UPS-järjestelmä	13
3.2.7	Keskijännitekojeistot	13
3.3	Muuntamon suojaus	14

3.3.1	Maadoitukset	14
3.3.2	Hälytysjärjestelmä	14
3.3.3	Valokaarisuojaus	15
3.3.4	Palokatkot	15
4	Sähkölaitteiston koestaminen ja käyttöönotto	16
4.1	Yleistä koestamisesta	16
4.1.1	YIT:n koestajan toimenkuva Kilpilahdessa	16
4.1.2	Viestintä koestuksissa	17
4.1.3	Mittalaitteet	18
4.2	Eristysvastus- ja maadoitusmittaukset	18
4.3	Pienjännitekojeiston käyttöönotto	18
4.3.1	Yleistä pienjännitekojeiston käyttöönotosta	18
4.3.2	Ohjausjännitteiden käyttöönotto	19
4.3.3	Katkaisijakenttien testaus	19
4.3.4	Valokaarisuojausten testaus	20
4.3.5	Automaattisen syötönvaihdon testaus	20
4.3.6	Hälytyskeskuksen testaus	21
4.4	Moottorilähtöjen koestus	21
4.4.1	Yleistä moottorilähdön koestamisesta	21
4.4.2	Lämpöreleiden koestus	23
4.4.3	Kauko-ohjausten testaus	23
4.4.4	Väyläohjatun moottorilähdön koestus	24
4.4.5	Taajuusmuuttajalähdön koestus	25
4.5	Muuntajan käyttöönotto	25
4.6	Dokumentointi	25
5	Yhteenveto	26
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Muuntamon M098 muuntajan T31M-koestussuunnitelma	
	Liite 2. Periaatekuva moottorin ohjauksen virtapiirikaaviosta	

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on laatia käyttöönotto- ja koestusohjeistus Kilpilahden teollisuusalueen sähkökoestuksiin. Opinnäytetyö on tehty YIT Teollisuus Oy:lle. Nykyään YIT Teollisuus Oy:n Kilpilahden yksikössä toimii vain yksi koestaja. Koestaja on jäämässä eläkkeelle muutaman vuoden kuluttua, ja toiminnalle tarvitaan jatkaja. Koestustoiminta perustuu YIT:n osalta tämän kokeneen koestajan omaan kokemukseen. Jalostamolla on myös aika ajoin tuotannon seisakkeja, jolloin tarvitaan useampia koestajia muista YIT:n yksiköistä tilapäisesti töihin Kilpilahteen. Ohjeistuksen tarkoitus on helpottaa Kilpilahteen töihin tulevan koestajan työn aloittamista ja perehdyttää alueen toimintatapoihin, työmenetelmiin, vaatimuksiin sekä määräyksiin. Työssä sivutaan myös projektihoitoon liittyviä asioita, koska koestajan toimenkuvaa pyritään koko ajan kehittämään ja siihen tarpeen mukaan sisältyy myös työnjohdollisia tehtäviä.

Työ suoritetaan tutustumalla YIT teollisuus Oy:n palveluksessa Kilpilahdessa työskentelevän koestajan toimintaan. Työssä keskitytään erityisesti uuden prosessimuuntamon M098-sähköistykseen, toimintatesteihin ja käyttöönottoon. Työn aikana seurataan myös muita pienempiä alueella tehtäviä projekteja. Tavoitteena on saada kattava käsitys näiden projektien, koestajan haastattelujen ja Neste Oilin spesifikaatioiden turvallisuussääntöjen pohjalta alueella toimimisesta sekä koestajan työtehtävistä ja alueella noudatettavista turva- ja laatumääräyksistä. Näiden tietojen pohjalle perustuu laadittu käyttöönotto- ja koestusohjeistus Kilpilahden teollisuusalueen sähkökoestuksiin.

Yleistä Kilpilahden teollisuusalueesta ja Neste Oilin öljynjalostamosta

Kilpilahden teollisuusalue on Porvoossa, kaupungin länsipuolella Kulloon kylässä sijaitseva Pohjoismaiden suurin öljynjalostuksen ja kemianteollisuuden keskus. Alueella toimii kymmenkunta yritystä, jotka muodostavat yhtenäisen tuotantoketjun raakaöljystä muoveiksi. Suurimpia teollisuuslaitoksia Kilpilahdessa ovat Neste Oilin öljynjalostamo ja Borealis Polymersin petrokemian tuotantoyksiköt ja muovitehtaat. Kilpilahden alueella on myös teknologiakeskus, säiliöautojen- ja rautatievaunujen purkaustermiinit sekä tonnimäärältään Suomen suurin satama. Kilpilahdessa työskentelee noin 3500 työntekijää.

Neste Oilin Porvoon jalostamo aloitti toimintansa vuonna 1965 ja sitä on sen jälkeen laajennettu useaan otteeseen. Nykyään jalostamolla on neljä eri tuotantolinjaa ja yli 40 prosessiyksikköä. Porvoon jalostamon raakaöljyn jalostuskapasiteetti on noin 200 000 barreliä eli noin 32 miljoonaa litraa päivässä. Neste Oililla on jalostamo myös Naantalissa sekä uusiutuvan dieselin jalostamot Singaporessa ja Rotterdamissa sekä osittaisessa omistuksessa olevat jalostamot Ruotsissa ja Bahrainissa.

Kilpilahdessa on oma voimalaitos, joka tuottaa sähköä Neste Oilin jalostamon lisäksi myös muille alueella toimiville yrityksille. Voimalaitoksen kokonaisteho on noin 900 megawattia. Sähköä jalostamolla tarvitaan esimerkiksi öljynjalostusprosessissa käytettävien pumppujen, sekoittajien ja venttiilien toimintaan sekä putkistojen ja laitteiden sähkösaattolämmityksiin ja alueen valaistukseen. Jalostamon alueella on useita kymmeniä muuntamoita, joilla hoidetaan sähkönjakelu prosessiyksiköihin. (1;2.)

#### YIT Teollisuus Oy Kilpilahdessa

YIT Teollisuus Oy:n Kilpilahden yksikön sähköautomaatiopalvelu suorittaa instrumentointiin ja sähkönjakeluun liittyviä projektitöitä sekä kunnossapidon huoltotöitä, kuten esimerkiksi muuntamosähköistyksiä tai putkien sähkösaattolämmityskaapeleiden korjaustöitä. Toiminta keskittyy Kilpilahdessa Neste Oilin Jalostamolle ja Borealis Polymers Oy:n tuotantoyksiköihin. Tässä työssä keskitytään Neste Oilin jalostamolla suoritettaviin sähkönjakeluprojekteihin.

Tavallisesti tarve sähkönjakeluun liittyvälle projektille tulee Neste Oilin tuotannon tarpeesta muuttaa prosessia, uusia vanhaa sähkölaitteistoa tai lisätä tuotantoa. Neste Oil käyttää rakennuttajana yleensä, varsinkin isoimmista projekteista, Neste Jacobs Oy:tä. Neste Jacobs suorittaa projektin käytännönjärjestelyt sekä hoitaa työn suunnittelun ja valvonnan. Neste Jacobsilla on myös oma koestaja, joka viime kädessä vastaa jalostamon sähkökoestuksiin liittyvistä asioista. Joissakin pienemmissä muutos- tai huoltotöissä Neste Oilin sähkölaitoksen omat työnjohtajat voivat toimia työn valvojina.

Sähköurakoitsija toimii usein yhteistyössä Neste Jacobsin asennusvalvojan kanssa, joka puolestaan vastaa toiminnasta Neste Oilille. Asennusvalvoja toimii välikätenä Neste Oilin henkilökunnan, urakoitsijoiden, sähkösuunnittelijoiden ja muiden projektiin liittyvien tahojen, kuten eri ammattialojen edustajien välillä.

Urakoitsijan projektinhoitaja toimittaa työn valvojalle kaikki projektiin liittyvät dokumentit, kuten aloitusilmoituksen, koestussuunnitelman ja mittauspöytäkirjat sekä viikoittain työmaapäiväkirjat, työtehtävien turvallisuussuunnitelmat ja työmaan vahvuusilmoitukset.

## **2 Työturvallisuus ja lupakäytännöt Porvoon Jalostamolla**

### **2.1 Turvallisuus Kilpilahdessa**

Kilpilahden tuotantolaitoksissa käsitellään helposti syttyviä, räjähtäviä, haitallisia ja myrkyllisiä aineita, minkä takia turvallisuuteen on kiinnitetty paljon huomiota. Alueen turvallisuutta on pyritty parantamaan tiukoilla turvallisuusmääräyksillä ja lupakäytännöillä. Nämä asiat asettavat myös asennuksille, laitteille ja työmenetelmille tietyjä määräyksiä, vaatimuksia ja ohjeistuksia.

Tuotantolaitokset ja tehtaat on suunniteltu ja rakennettu kansainvälisten turvallisuusnormien mukaisesti. Alueella toimii oma pelastuslaitos, joka on varustettu öljy- ja kemianteollisuuden onnettomuuksien torjuntaan tarkoitetulla kalustolla ja sammutusaineilla. Teollisuusalueella on myös maanalainen suuritehoinen palovesijärjestelmä. (1.)

### **2.2 Jalostamon alueet**

Neste Oilin jalostamo on luokiteltu eri vyöhykkeisiin, joita ovat yleinen hallintoalue, tehdasalue, prosessialue ja Ex-alue. Yleiseen hallintoalueeseen kuuluvat Neste Oilin hallitsemat alueet, jotka eivät ole aidattuja. Prosessialue on aidalla rajattu palavan nesteen valmistus-, varastointi- ja käsittelyalue. Prosessialueita ovat tuotantolinjat, säiliöalue, purkaustermiinaali, energialaitos ja jakeluyksiköt.

Ex-alue on prosessialueen sisällä oleva alue, missä syttymis- ja räjähdysvaaran riski on suuri. Ex-alueiksi luokitellaan prosessiyksiköt, säiliöruudut, lastaus- ja purkausalueet sekä niiden välitön läheisyys. Ex-alueiden rajat on merkitty keltaisilla katuviivoilla sekä huomiokilvillä. Tehdasalue on prosessialueen ulkopuolella oleva erillinen aidattu alue, mihin kuuluvat keskuskorjaamo ja tarvikevarasto. (3.)

## 2.3 Kulkulupa

Kilpilahden teollisuusalueella liikkumiseen ja työskentelyyn vaaditaan kulkulupa, jonka saamiseksi on suoritettava turvallisuuskoulutus, jossa käydään läpi alueen turvallisuusmääräykset ja kerrotaan alueella käsiteltävistä aineista sekä niiden ominaisuuksista ja vaarallisten aineiden vaikutuksista ihmiseen.

Turvallisuuskoulutuksen lisäksi alueella työskentelemisen ehtona on suoritettu työturvallisuuskoulutus ja siitä todistuksena vihreä työturvallisuuskortti, sekä tulitöitä tekeviltä työntekijöiltä suoritettu tulityökurssi ja siitä todistuksena sininen tulityökortti. Nämä kortit tai väliaikaiset todistukset on esitettävä kulkulupaa haettaessa.

Ex-alueella akkuporakoneenkin käyttö luokitellaan tulityöksi, joten käytännössä kaikilla alueella sähkötöitä tekevillä henkilöillä tulee olla voimassa oleva tulityökortti. Kulkulupa on voimassa kaksi vuotta kerrallaan, minkä jälkeen turvallisuuskoulutus on suoritettava uudelleen. (1.)

## 2.4 Henkilökohtaiset suojaimet

Prosessialueilla on aina käytettävä vähintään

- suojakypärää, jossa on yhtiön ja henkilön nimi
- suojalaseja, jotka estävät myös sivuilta tulevat roiskeet
- suojavaatetusta, joka on palosuojattua EN 531-standardin mukaista materiaalia ja suojaa vartalon ranteista nilkkoihin
- turvajalkineita, jotka suojaavat koko jalkaterää, vähintään S3 luokan vaatimusten mukaisesti
- kuulosuojaimia kohteissa, joissa melutaso ylittää 85 desibeliä.

Vähimmäissuojaimien lisäksi eri työtehtävissä tai tietyillä alueilla voidaan tarvita lisäsuojaimia. Lisäsuojaimien käytöstä määrätään työluvassa tai työtehtävän turvallisuussuunnitelmassa sekä alueellisin merkinnöin.

Lisäsuojaimia voivat olla esimerkiksi turvavaljaat, joiden käyttäminen on pakollista, kun työskennellään tai liikutaan putoamisvaarallisissa olosuhteissa tai henkilönnostimen korissa. Naamiomalliset silmäsuojaimet ovat myös aina pakolliset käytettäessä kulmahiomakonetta tai muuta kipinöivää laitetta. (4.)

## 2.5 Työlupa ja sähkötyövalmiuslupa

Neste Oilin jalostamolla on käytössä työluvakäytäntö. Tämä tarkoittaa, että kaikkiin alueella suoritettaviin töihin vaaditaan kirjallinen lupa. Muutamissa erityistapauksissa, jotka liittyvät Neste Oilin oman henkilökunnan tekemiin huolto- ja korjaustöihin tai tuotannollisiin töihin, jotka eivät sisällä tulitöitä, voi riittää suullinen työ lupa. Käytännössä kaikkiin urakoitsijoiden tekemiin sähkötöihin vaaditaan kirjallinen työ lupa tai muuntamotöissä sähkötyövalmiuslupa. Kuitenkin uutta muuntamoaa rakennettaessa käytetään työ lupaa kunnes kiinteä sähkönjakelu on otettu käyttöön. Tämän jälkeen siirrytään sähkötyövalmiusluvan piiriin.

Jokaiseen eri työhön ensimmäinen lupa haetaan yhdessä työnvalvojan kanssa. Työ luvan hakijan täytyy käydä Neste Oilin järjestämä työluvakoulutus. Muilla työhön osallis-  
tuvilla ei kuitenkaan tarvitse olla tätä koulutusta suoritettuna. Työ lupa myönnetään tavallisesti yhdeksi työpäiväksi kerrallaan, joten se täytyy hakea uudestaan joka aamu.

Työ luvat myönnetään sen alueen valvomosta, mihin tehtävä työ kohdistuu. Työ luvan myöntäjä merkitsee lupaan työn aloitusluvan myöntäjän, eikä töitä saa aloittaa, ennen kuin hän on kuitannut luvan. Aloitusluvan myöntäjä voi olla esimerkiksi alueesta vastaava operaattori, joka tarkastaa alueen turvallisuuden ja mittaa ilman puhtauden. Seisokitöiden aikana käytössä voi olla erilaisia käytäntöjä kuin normaalitoiminnan aikana, jotta luvanhakuprosessi sujuisi joutuisammin. Niistä tehdään kuitenkin aina tapauskohtaisesti erillisohje.

Työn suorittajan velvollisuus on noudattaa työluvassa, työkokonaisuuden riskien arvioinnissa (ks. 2.2.7 Työkokonaisuuden riskien arviointi) tai työkohteen turvatarkastuksessa mainittuja ohjeita, ja jokaisen alueella toimivan velvollisuus on havainnoida ja huomauttaa tai ilmoittaa mahdollisista vaaratekijöistä. Jos olosuhteet turvallisuuden kannalta muuttuvat työn aikana, tulee työnteko keskeyttää turvalliseen tilaan ja ilmoittaa tästä työluvassa myöntäjälle ja työnjohtajalle. (5.)

Työskenneltäessä ilman tulityölupaa räjähdysvaarallisella alueella, käytettävien laitteiden räjähdys-suojaluokan tulee täyttää jokin seuraavista luokituksista tai olla vastaavan luokituksen täyttäviä erikoisrakenteisia laitteita:

- Exe II T3
  
- Exd II C T3
  
- Exm II T3
  
- Exi II T3.

Tämä vaatimus koskee myös taskulamppuja, puhelimia, mittareita ja muita akku- tai patterikäyttöisiä laitteita. (6.)

Sähkötyövalmiuslupaa käytetään muuntamon sisällä tehtävissä töissä. Jos työskennellään muuntamon seinän ulkopuolella, tarvitaan lisäksi työ lupa. Muuntamon sisällä tehtäviin tulitöihin, tarvitaan myös tulityölupa, jonka myöntää sähkölaitos. Työn asennusvalvojan tulee valmistella sähkötyövalmiuslupa Neste Oilin järjestelmään ja ilmoittaa luvan numeron projektin hoitajalle tai työryhmän etumiehelle (ns. nokkamies).

Sähkötyövalmiuslupa voidaan myöntää pidemmäksi aikaa kuin päiväksi. Yleensä lupa myönnetään työn suorituksen ajaksi, mutta ei kuitenkaan kerrallaan viikkoa pidemmäksi ajaksi. Sähkötyövalmiusluvan myöntää sähkölaitoksen työnjohtaja. Prosessisähköistyksiin liittyvissä töissä Neste Oililla on oma sähkömestari eri tuotantolaitoksille ja alueille. Sähkönjakeluun liittyvissä töissä, muuntamon sijainnista riippumatta, sähkötyövalmiusluvan kirjoittaa sähkölaitoksen sähkönjakelusta vastaava työnjohtaja. (7.)

## 2.6 Ajolupa

Prosessialueella ajoneuvolla liikuttaessa täytyy olla ajoneuvokohtainen kirjallinen ajolupa. Ajoluvassa on värikoodein sekä kirjallisesti ilmoitettu, mille alueelle lupa on myönnetty. Prosessialueen ajolupa voidaan myöntää kolmeksi kuukaudeksi kerrallaan, joten sitä ei tarvitse uusia joka päivä.

Ex-alueelle myönnettävän ajoluvan voi saada korkeintaan päiväksi ja se edellyttää kirjallisen tulityöluvan. Lupia myönnetään tarvikkeiden kuljetuksiin ja työkoneille. Ex-alueen ajoluvan myöntäjä merkitsee lupaan reitin, jota pitkin autolla saa ex-alueella ajaa. Ajoluvat on pidettävä autossa näkyvissä tarkastuksia varten. (3.)

## 2.7 Työkokonaisuuden riskien arviointi

Porvooon jalostamolla käytetään työn riskien arviointimenetelmää (TRA), jonka tarkoituksena on tunnistaa työn tekemiseen liittyvät riskit, niin työturvallisuuden kuin myös laadun ja toimivuuden kannalta. Mahdolliset riskitekijät kirjataan ylös riskien arviointitilaisuudessa, johon osallistuvat työkokonaisuuden riskinarvioinnin vastuhenkilö, työn valvoja ja työn suorittajien esimiehet. Arviointitilaisuudessa pyritään yhteisellä ideoinnilla ja keskustelulla keksimään toimenpiteet, joilla poistetaan riskitekijät tai vähennetään niistä aiheutuvaa vaaraa tai haittaa. Tilaisuuteen saattaa tarpeen mukaan osallistua myös asiantuntijoita, kuten palolaitoksen edustaja tai työluvan myöntäjä.

Työn suorittajien esimiehen tulee perehdyttää työnsuorittajat työn riskeihin, ja jokaisen työhön osallistuvan täytyy tutustua työkokonaisuuden riskienarviointi-lomakkeeseen, jossa käydään läpi työhön liittyvät riskit ja tehtävät toimenpiteet niiden varalle. Lomakkeeseen kuitataan allekirjoituksella, että työhön liittyviin riskeihin on tutustuttu.

Jos työn riskitaso määritellään matalan riskitason työksi, se voidaan suorittaa ilman työkokonaisuuden riskien arviointia. Tavallisesti vain yhtä urakoitsijaa koskevat ja yhden ammattialan pienehköt huolto- tai muutostyöt luokitellaan matalan riskitason työksi. Turvallisten työtapojen suunnittelu ja suunnitelma (TTS) vaaditaan kuitenkin aina (ks. 2.2.8 Turvallisten työtapojen suunnittelu). Kuvassa 1 kuvataan työn riskien arvioinnin vaiheet ja eteneminen.



Kuva 1. Työn riskien arvioinnin vaiheet ja eteneminen. (8.)

## 2.8 Turvallisten työtapojen suunnittelu

Jokaiselle eri työtehtävälle tehdään turvallisten työtapojen suunnitelma, jossa mietitään eri työvaiheiden mahdolliset vaaratekijät sekä ympäristön luomat vaarat. Myös työn suorittamisesta aiheutuvat riskitekijät ympäristöön tai mahdollisesti prosessiin tulee huomioida.

Työn johtaja tekee työtehtävän turvallisuussuunnitelman (TTS), johon listataan mahdolliset riskitekijät ja muita huomioitavia asioita, jotta työ voidaan suorittaa turvallisesti. Suunnitelma käydään yksityiskohtaisesti läpi työn suorittajien kanssa ja sitä päivitetään jatkuvasti työn edetessä, kuitenkin vähintään viikon välein. Jokainen työhön osallistuva kuittaa allekirjoituksellaan, että on tutustunut suunnitelmaan.

Työtehtävän turvallisuussuunnitelma täytyy olla mukana työ lupaa haettaessa ja se liitetään työ lupaan sekä pidetään työmaalla mukana. Päivitetty suunnitelma lähetetään kaikkien työhön osallistuvien allekirjoituksella varustettuna vähintään viikon välein työn valvojalle. (8.)

Seuraavassa luetelmassa on esimerkkejä tavallisimmista asioista, jotka tulee ottaa huomioon alueen sähkötöitä turvallisesti suorittaessa:

- Työskennellään oikeanlaisilla työvälineillä.
- Käytetään tarvittavia suojavarusteita esimerkiksi viiltosuojahanskoja kaapelin kuorinnassa.
- Tunnistetaan sähkön aiheuttamat vaarat ja varmistetaan jännitteettömyys luotettavalla tavalla.
- Suojataan jännitteiset osat tähän käyttöön tarkoitetulla suojalla.
- Huomioidaan ympäristön vaaratekijöitä, esimerkiksi auki olevat kaapelikanavat.
- Huomioidaan ja varmistetaan purettavan tai muutettavan laitteen käyttötilanne ennen töiden aloittamista.
- Korkealla työskenneltäessä käytetään asianmukaisia putoamissuojia ja työskennellään hyväksytyillä telineillä.
- A-tikkaita ja pukkeja käytetään vain matalalla työskenneltäessä ja käytetään vain kaatumissuojalla varustettuja a-tikkaita.
- Kaikilla työhön osallistuvilla henkilöillä on oltava lakisääteiset koulutukset suoritettuna ja voimassa, kuten sähkötyöturvallisuus- ja työturvallisuuskoulutus.

Luettelon kohtien lisäksi käydään tapauskohtaisesti läpi jokaiseen työvaiheeseen mahdollisesti liittyviä vaaratekijöitä.

### 3 Prosessimuuntamon M098-sähköasennukset

#### 3.1 Yleistä muuntamon M098-sähköasennuksista

Työkohde sijaitsee Kilpilahdessa Neste Oil Oyj:n satama-alueella, uudella muuntamolla M098. Muuntamon rakennuttaja on Neste Jacobs Oy. Neste Jacobs Oy vastaa sähköistyksen valvonnasta sekä sähkösuunnittelusta. Muuntamon sähköistykseen liittyy myös useita muita eri projekteja ja myös eri sähköurakoitsijoita.

Tähän projektiin sisältyy muuntamon sähköjakelujärjestelmän osittaiset asennukset, kaapeloinnit, kytkennät ja merkinnät työmäärittelyn EABS-271 ja siihen liittyvien piirustusten mukaisesti. Tähän projektiin ei kuulu muuntamolle tulevien ulkoisten kaapeleiden vetäminen eikä asentaminen, mutta niiden päättäminen ja kytkeminen kuuluu. Muuntamorakennuksen rakennussähköistys ei kuulu tähän urakkaan, vaan se on tehty jo aiemmin. (9.)

#### 3.2 Muuntamon rakenne ja sähkölaitteisto

##### 3.2.1 Muuntamorakennus

Muuntamossa on kolme kerrosta. Alimmassa kerroksessa sijaitsee kaapelitilan lisäksi toinen UPS- ja tasajännitelaitteisto sekä akustot. Kaapelitila sijaitsee toisen kerroksen pienjännitekeskusten ja muuntajabunkkereiden alapuolella, josta kaapelit saa nostettua suoraa lattian läpi keskuksen sisälle tai muuntajalle.

Toisessa kerroksessa on myös toinen kahdesta UPS- ja tasajännitelaitteistosta, kauko-ohjaus ja hälytyskeskukset sekä varavoimakojeistot ja kondensaattoriparistot. Kolmannessa kerroksessa sijaitsee LVI-laitteistot ja keskukset sekä instrumentointikeskukset.

##### 3.2.2 Muuntajat

Muuntamossa on kolme jakelumuuntajaa. Kaksi pääjakelumuuntajaa T31M ja T32M, joiden nimellisteho on 2 000 kVA ja yksi varavoimamuuntaja T41M, jonka nimellisteho on 315 kVA. Muuntajien ensiöjännitteet ovat 10 kV ja toisiojännitteet 400 V. Ne

sijaitsevat jokainen omassa muuntajabunkkerissa muuntamorakennuksen toisessa kerroksessa. (9.)

Muuntaja T31M syöttää pääkojeistoa 100F ja muuntaja T32M syöttää toista pääkojeistoa 200F. Varavoimamuuntaja T41M on liitetty alueen 10 kV:n varavoimaverkkoon kahdesta suunnasta varavoimakojeiston 100G kautta ja se syöttää varavoimakojeistoa 100H.

Muuntajat T31 M ja T32M ovat suojattu katkaisijoilla, jotka sijaitsevat muuntajia syöttävissä kentissä muuntamalla M130. Muuntaja suojilta, joita ovat öljyn lämpötilanmittaus, kaasurele ja öljynpinnan korkeudenmittaus, lähtee laukaisut muuntajien suojina oleville katkaisijoille sekä hälytykset hälytyskeskukseen. Öljyn lämpötilamittauksen hälytysrajaksi on asetettu 85 °C ja laukaisu tapahtuu, kun öljyn lämpötila nousee 100 °C:seen.

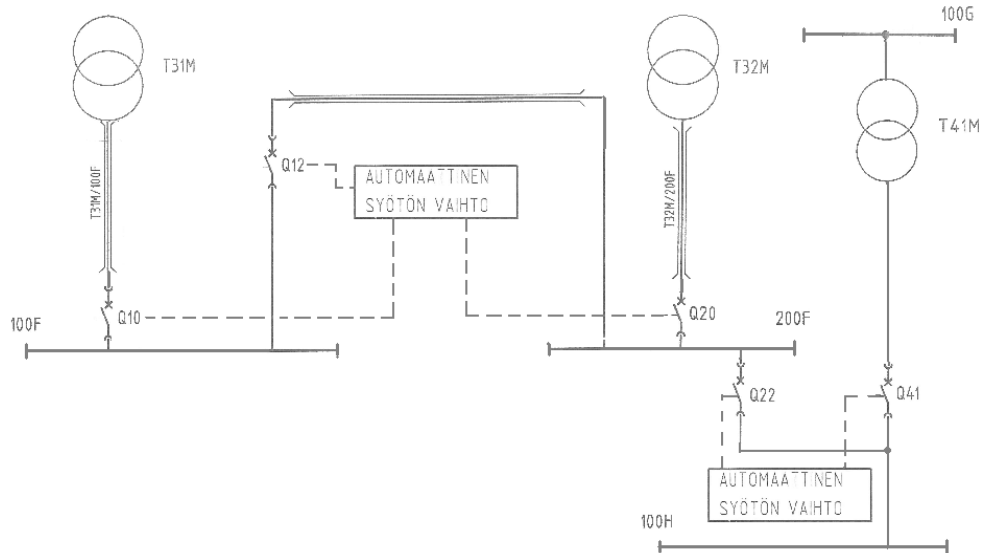
### 3.2.3 Muuntamon sähkönjakelu ja automaattinen syötönvaihto

Muuntamossa on kaksi 400 V:n pääkojeistoa 100F ja 200F. Ne on liitetty niitä syöttäviin muuntajiin kiskosilloilla. Myös kojeistojen välissä on kiskosilta, joten yksi muuntaja voi syöttää kumpaakin keskusta ongelmatilanteessa. Tämä on tärkeää tuotannon takia, sillä lyhyetkin keskeytykset sähkönjakelussa voivat aiheuttaa tuotannon seisahduksen ja siitä voi aiheutua suuria kustannuksia.

Muuntamossa on automaattinen syötönvaihto-järjestelmä (ASV), joka ohjaa kojeistojen suojana olevia katkaisijoita. Kuvassa 2 (ks. seur. s.) on periaatekuva muuntamon sähkönjakelujärjestelmästä. Esimerkiksi, jos 100F-kojeiston jännite laskee alle 80 prosenttiin nimellisjännitteestä, niin ASV-järjestelmä ohjaa syöttökatkaisijan Q10 auki ja kiskokatkaisijan Q12 kiinni. Näin 100F-keskus saa syötön 200F-keskuksen kautta muuntajalta T32M. Myöhemmin, kun vika on saatu korjattua ja tilanne halutaan normalisoida, voidaan se tehdä katkeamattomasti. Muuntajia T31M ja T32M syötetään samalta päämuuntajalta, joten ne voidaan kytkeä rinnan. Näin ollen katkaisija Q10 voidaan laittaa kiinni ennen kuin katkaisija Q12 avataan.

Katkaisijoita voidaan ohjata myös manuaalisesti sähe-kaukokäyttöjärjestelmästä tai ohjaustaulun ohjauskytkimillä ja näin saadaan katkeamaton jännitteensyöttö esimerkiksi muuntajan huollon ajaksi.

Varavoimakeskus 100H saa normaalikäytön aikana syöttönsä 200F-keskuksesta, mutta jos kojeiston jännite tippuu, niin ASV ohjaa syöttökatkaisijan Q22 auki ja syöttökatkaisijan Q41 kiinni. Näin 100H-keskus saa syötön varavoimakeskuksesta 100G, muuntajan T41M kautta. (10.)



Kuva 2. Periaatekuva muuntamon M098 sähköjakelusta

### 3.2.4 Kennotermiinaalit

Muuntamossa on kolme AAB:n REF 545-kennotermiinaalia, kummassakin pääkojeiston katkaisijakentässä sekä varavoimakojeistossa. Ne toimivat ikään kuin sähköjakelujärjestelmän aivoina. Kennotermiinaaleille syötetään tietoa katkaisijoiden tilasta (kiinni, auki, yhdistetty ja erotettu) sekä valokaarisuojauksesta, maadoituskytkimien asennoista ja muista suojauksista sekä lukituksista. Ne mittaavat jännitteitä sekä virtoja ja alijännitte tilanteessa käynnistävät automaattisen syötönvaihdon, jos sen toimimiseen vaadittavat ehdot täyttyvät.

Kennotermiinaalin näytön mimiikka näyttää, missä tilassa katkaisijat ja maadoituskytkimet ovat, sekä kiskostojen ja kojeistojen jännitteet ja virrat. Kennotermiinaalit on kytketty kaukokäyttöjärjestelmään optisilla kuitukaapeleilla SPA-väyläliityntämoduulien kautta. Näin järjestelmästä pystytään tarkastelemaan muuntamon sähköjakelun tilaa ja ohjaamaan katkaisijoita.

### 3.2.5 Ohjaustaulu

Muuntamossa on ohjaustaulu-keskus, jonka ovesa on kiskostokuva muuntamon sähkönjakelujärjestelmästä. Oven ohjauskytkimillä voidaan ohjata katkaisijoita. Kytkimet toimivat myös asennonosoittimina kuviossa. Mikäli katkaisija on lauennut tai sitä on ohjattu muualta kuin ohjaustaulusta, ja se on eri asennossa kuin ohjaustaulun kytkin, kytkimessä palaa positiovalo. Positiovalo kertoo, että katkaisija ei ole siinä tilassa, mitä kytkin ja kiskostokuvio osoittavat.

Ovesa on myös maadoituskytkimien asennonosoittimet, keskusten kiskojen jännitemittarit sekä automaattisen syötönvaihdon valintakytkimet, joilla voidaan valita, onko vaihto automaatti- vai käsin asennossa. Valintakytkimen yläpuolella on merkkilamput

- ASV toimintavalmis (vihreä)
- ASV SÄHE käsiasento (keltainen)
- ASV toiminut (punainen).

Merkkilamput kertovat automaattisen syötönvaihdon tilan. (10.)

### 3.2.6 Tasajännite- ja UPS-järjestelmä

Muuntamossa on UPS-laitteistoilla ja akuilla varmennetut 110 ja 24 V:n tasasähkölaitteistot, jotka syöttävät tasasähköjakelukeskuksia 1100L (110 VDC) ja 9100N (24 VDC). 110 V:n tasajännitettä käytetään esimerkiksi katkaisijakenttien ohjausjännitteenä ja 24 V:n tasajännitesyöttö tulee kaikkiin kojeistojen kaapelikuiluihin, josta apujännite voidaan ottaa tarvittaessa kenttiin.

### 3.2.7 Keskijännitekojeistot

Muuntamoon M098 ei tule varsinaisia keskijännitekojeistoja, vaan ainoastaan varavoimakojeisto 100G on 10 kV:n kojeisto. Kojeisto liitetään olemassa olevaan 10 kV:n varavoimaverkkoon kahdesta eri suunnasta muuntamoilta M14 ja M22.

### 3.3 Muuntamon suojaus

#### 3.3.1 Maadoitukset

Muuntamoon on asennettu päämaadoituskisko (MEB), häiriöttömän maan päämaadoituskisko (FE) ja neljä muuta häiriöttömän maan maadoituskiskoa sekä jokaiseen kojeistotilaan oma maadoituskisko (EB). Päämaadoituskisko on liitetty aluemaadoitusverkkoon kolmesta suunnasta muuntamoilta M14, M22 ja M130. Päämaadoituskiskoon on liitetty myös maadoituselektrodi ja kaapelikanavassa kulkeva maadoitus kahdesta suunnasta sekä häiriötön maadoituskisko. Kaikkia muuntamon maadoituskiskoja ei ole liitetty suoraan päämaadoituskiskoon vaan muuntamossa kiertää kaapelihyllyillä maadoitusrenkaita, joihin kiskot on yhdistetty kahdesta suunnasta. Toisin sanoen kaikista maadoituskiskoista on yhteys päämaadoituskiskoon kahta eri reittiä.

Kojeistotilojen maadoituskiskoihin liitetään muun muassa keskuksat, kaapelihyllyt, taajuusmuuttajat, suurjännitekaapelipäätteet, muuntajasäiliö ja muuntajien aluskiskot sekä työpaikkapistorasiakeskukset. Häiriöttömän maan kiskoihin liitetään kaikki keskuksat, joihin tarvitsee kytkeä tiedonsiirtokaapeleita esimerkiksi ristikytkentäkaapit ja käytönvalvontajärjestelmän ala-asema. Häiriöttömän maan kiskot liitetään häiriöttömän maan päämaadoituskiskoon jokainen erikseen mustavaippaisella asennusjohdolla vain yhdestä suunnasta. (11.)

#### 3.3.2 Hälytysjärjestelmä

Muuntamossa on ABB:n SACO 64D4-hälytyskeskus. Hälytyskeskukseen tulee hälytyksiä esimerkiksi automaattisen syötönvaihdon toiminnasta, ohjausjännitteiden valvonasta, valokaarisuojauksesta sekä muuntajasuojauksista. Hälytyskeskuksessa on 64 hälytyspistettä, joihin syttyä vilkkumaan punainen valo siihen pisteeseen, johon hälytys tulee. Keskukselta lähtee yhteishälytys voimalaitokselle, mutta hälytyksen jälleenanto voidaan ohittaa keskuksen ovelle olevalla kellokytkimellä.

Hälytyskeskus on myös liitetty kaukokäytön ala-asemakeskukseen, joka rekisteröi hälytykset. Sen näytöltä voidaan lukea hälytyshistoriaa, eli siitä nähdään mihin kellonaikaan ja mitä hälytyksiä on tapahtunut. Kaukokäytön ala-asemakeskus on liitetty kaukokäyttöjärjestelmään, joten järjestelmästä nähdään myös hälytysten tila.

### 3.3.3 Valokaarisuojaus

Muuntamon muuntajat ja pääkojeistot 100F ja 200F sekä varavoimakoeisto 100H ovat suojattu valokaarisuojilla. Valokaarisuojat vartioivat valokaaria optisilla valokaariantureilla, joita on sijoitettu kojeistoihin sekä muuntajien ja kojeistojen välisiin kiskosiltoihin. Sensorit havahtuvat kirkkaasta valosta. Mikäli valokaarisuojien virranmittausyksiköt ovat mitanneet samaan aikaan asetteluvirtaa korkeamman arvon, laukaisee valokaarisuojaus katkaisijan. Valokaarivartijan lauettua sen näytölle tulee havahtuneen sensorin numero. Jokaista numeroa vastaava osoite on kentän oven sisäpintaan liimatussa taulukossa.

Valokaarisuojaus on jaettu eri suojausalueisiin eli vyöhykkeisiin. Mikäli valokaari syttyy muuntajan ja kojeiston välisessä kiskosillassa, suojaus laukaisee vain muuntajaa syöttävästä kentästä katkaisijan Q0 muuntamolta M130 ja kojeiston suojana olevan katkaisijan Q10 tai Q20. Näin automaattinen syötönvaihto voi toimia ja sulkea katkaisijan Q12. Jos valokaari syttyy kojeistossa, laukaisee suojaus myös katkaisijan Q12, jotta automaattinen syötönvaihto ei syötä uudestaan jännitettä vikaantuneeseen kojeistoon. (10.)

### 3.3.4 Palokatkot

Työn lopuksi kojeistojen, kaappien ja seinäläpivientien läpivientiaukot massataan palosuojamassalla, jotta rakennuksen palo-osastointi säilyy vastaavana kuin se oli ennen aukkojen tekoa. Palokatkot estävät liekkien, savun ja kuumuuden leviämisen läpivientien kautta. YIT teettää Kilpilahdessa palokatkot palokatkoihin erikoistuneilla yrityksillä, joilla on palokatkotöidentekoon tarvittavat luvat ja välineet. (12.)

## 4 Sähkölaitteiston koestaminen ja käyttöönotto

### 4.1 Yleistä koestamisesta

#### 4.1.1 YIT:n koestajan toimenkuva Kilpilahdessa

Koestajan työtehtäviin ja toimenkuvaan Kilpilahdessa kuuluvat

- tehtyjen asennuksien, kytkentöjen ja johdotuksien tarkistaminen silmämääräisesti sekä mittaamalla
- käyttöönottoa varten tarvittavien mittausten suorittaminen ja mittaustulosten dokumentointi
- käytettyjen sähkölaitteiden toimintatestit sekä asetteluita vaativien laitteiden asettelut ennen käyttöönottoa
- piirustusten tarkastaminen ja muuttaminen yhteistyössä suunnittelijan kanssa niin, että laitteet toimivat oikein, mikäli ristiriitaisuuksia ilmenee
- punakynäpiirustusten tekeminen keltaisiin koestussarjoihin, niin että ne vastaavat tehtyjä asennuksia
- asentajien tekemien asennusten laaduntarkkailu siisteyden, selkeyden, käytettyjen materiaalien, sähköturvallisuuden sekä standardienmukaisuuden kannalta
- yhteistyö muiden alueella toimivien urakoitsijoiden sekä tilaajan edustajien kanssa koestukseen liittyvissä asioissa.

Suuremmissa tai tiukkaa aikataulua vaativissa projekteissa tilaaja saattaa vaatia erillisen koestussuunnitelman laatimista ennen koestuksien aloittamista. Koestussuunnitelmassa tulee käydä läpi yksikohtaisesti kaikki suoritettavat tarkastukset ja toimintakoheet. Tilaajan täytyy hyväksyä koestussuunnitelma ennen koestuksien aloittamista.

Suunnitelmaa myös pidetään mukana koestuksissa ja siihen kuitataan jokainen työvaihe suoritetuksi. Liitteessä 1 on esimerkkinä koestussuunnitelmasta muuntamon M098 muuntajan T31M koestussuunnitelma.

Jalostamolla on sähkölaitteistoja viidenkymmenen vuoden ajalta ja vanhoissa muuntauksissa on vuosien saatossa tehty lukuisia muutoksia. Merkinnät vanhoissa keskuksissa saattavat olla puutteellisia, asennukset sekavia ja dokumentointi ei aina ole pysynyt ajan tasalla. Tästä syystä jotkin muutostyöt vaativat selvittelyä ennen asennusten aloittamista. Usein tulee myös vastaan tilanteita, että laitteistot eivät toimi halutulla tavalla tai suunnitelmissa on ristiriitaisuuksia tai virheitä. Koestaja toimii tällaisissa tilanteissa eräänlaisena ongelman ratkaisijana. Päävastuu selvitystyöstä on kuitenkin sähkösuunnittelijalla ja työn valvojalla.

#### 4.1.2 Viestintä koestuksissa

Yhteiskoestuksissa käytetään viestinnässä pääsääntöisesti radiopuhelimia. Jalostamon alueella on käytössä radiopuhelinverkko, jonka käyttö on luvanvaraista. Tilaaja huolehtii urakoitsijalle radiopuhelimet. Urakoitsija ei saa käyttää omia radiopuhelimia, ellei siitä erikseen sovita. Alueen radiopuhelimien täytyy olla ex-suojattuja, joten niitä saa käyttää räjähdysvaaralliseksi luokitellulla alueella. Jos radiopuhelimen käyttö on joissakin tiloissa kielletty, esimerkiksi instrumentoinnin prosessiasematiloissa, se on erikseen merkitty.

Jalostamon eri alojen ja alueiden radioliikenteeseen on omat radiokanavat. Listan radiokanavista saa työn valvojalta. Jos jollekin projektille on sovittu jokin tietty kanava, siitä on kerrottu yleensä TRA:ssa. Koska samalla kanavalla voi olla useita käyttäjiä yhtäaikaisesti, tulee radiopuhelimella puhuttaessa noudattaa hyvää radioliikenne tapaa, eli lyhyttä ja selkeää puhetta. Neste Oilin omalla tuotannosta tai kunnossapidosta vastaavalla henkilökunnalla radiopuhelinten kanavanumerot ovat eriäviä kuin projektitoimissa käytetyissä puhelimissa, joten vastaavan kanavan numero täytyy selvittää, jotta vältetään sekaannuksilta. (6.)

#### 4.1.3 Mittalaitteet

Mittalaitteiden tulee olla kalibroituja ja kalibrointitodistusten saatavilla. Mittalaitteet kalibroidaan vuoden välein. Mittauspöytäkirjoihin pitää aina merkitä, millä laitteella mittaukset on suoritettu sekä laitteen sarjanumero ja kalibroinnin päivämäärä. (11.)

#### 4.2 Eristysvastus- ja maadoitusmittaukset

Maadoitusten jatkuvuus mitataan jokaisesta maadoituspisteestä syöttämällä maadoituskiskosta maadoituspisteeseen vähintään 10 A:n virta sekä mittaamalla virta ja jännite, joista Ohmin lailla laskemalla saadaan maadoitusresistanssi. Tulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan, joka toimitetaan projektinhoitajalle sekä edelleen valvojalle ja tarkastajalle.

Jokaiselle käyttöön otettavalle keskukselle sekä kaikille syöttökaapeleille on tehtävä eristysvastusmittaus ja tulokset on kirjattava mittauspöytäkirjaan, joka toimitetaan projektinhoitajalle sekä edelleen valvojalle ja tarkastajalle.

Eristysvastus tulee mitata kaikkien vaiheiden ja nollan välistä sekä jokainen vaihe ja nolla maata vasten erikseen. Kaapeleita mitattaessa on varmistettava, ettei kaapelin kummassakaan päässä ole kytkettynä sähkölaitteita, jotka eivät kestä mittausjännitettä. On varmistettava myös, että mittaus suoritetaan oikealla nimellisjännitteellä.

Myös automaation tiedonsiirtoon käytetyille muuntamoiden välisille runkokaapeleille tulee tehdä eristysvastusmittaus, jossa mitataan kaikki säikeet keskenään sekä maata vasten.

#### 4.3 Pienjännitekojeiston käyttöönotto

##### 4.3.1 Yleistä pienjännitekojeiston käyttöönotosta

Pienjännitekojeistot koestetaan ennen käyttöönottoa, jotta kaikki varmasti toimii oikein, kun laitteisto otetaan käyttöön. Koestuksissa tarkastetaan mittaamalla ja silmäämääriäisesti, että johdotukset ovat oikein, laitteet toimivat halutulla tavalla ja tarvittavat merkinnot on tehty. Keltaiset koestussarjat käydään läpi, tarkistetut piirit merkitään kuviin

vihreällä yliviivaustussilla sekä mahdolliset muutokset punakynällä. Koestussuunnitelma pidetään koestuksissa mukana ja siihen kuitataan jokainen työvaihe suoritetuksi.

#### 4.3.2 Ohjausjännitteiden käyttöönotto

Tasajännitejakelukeskukseen tulevan jännitteen taso tulee mitata ja napaisuus on tarkistettava. Kun rakenteilla olevassa muuntamossa otetaan keskuksia jännitteisiksi, pitää keskuksen oveen merkitä selkeästi esimerkiksi A4-kokoiseen paperiin isoilla kirjaimilla, että keskus on jännitteinen. Paperissa tulee olla myös käyttöönottajän ja yrityksen nimi sekä päivämäärä. Myös keltamustan huomionauhan käyttö on suositeltavaa. Myös muuntamon ulko-oviin täytyy laittaa vastaavanlaiset merkinnät.

#### 4.3.3 Katkaisijakenttien testaus

Katkaisijakentässä käytetään ohjausjännitteenä 110 V:n tasajännitettä. Ohjausjännitteen taso tulee mitata ja napaisuus tarkastaa riviliittimille asti. Lisäksi on hyvä tarkastaa, että riviliittimiin on kytketty johtimet johdotustaulukon mukaisesti, ja että riviliittinyhdisteet ovat oikeilla paikoilla.

Katkaisijoiden omat ja kentän ovelta olevien painonappien (auki, kiinni) sekä kuittausten toiminta testataan. Kiinni ja auki ohjauksien toiminta sekä ehdot testataan ja laite- taan riviliittimien yhdisteet kiinni sitä mukaa, kun toiminta on testattu. Myös katkaisijan viritysmoottorin sekä käsivirityksen toiminta on tarkistettava.

Ohjaustaulusta testataan katkaisijoita ohjaavien kytkinten, positiovalojen ASV-valintakytkimen ja merkkivalojen toiminta. Silloin, kun katkaisijoita ohjataan ohjaustaulusta, pitää ohjaustaulun ASV-valintakytkimen olla "käsin"-asennossa. Katkaisijoiden ohjaaminen käytönvalvontakeskuksesta eli sähe:stä testataan yhteistyössä tilaajan edustajan kanssa.

Pääjakelumuuntajia syöttävästä kentästä varmistetaan, että valokaari- ja muunta- jasuojaukset sekä hätä-seis-painikkeet laukaisevat katkaisijan, ja että katkaisijalta läh- tevät hälytykset menevät perille sacco-hälytyskeskukseen.

Kennoterminalista tarkistetaan seuraavat asiat:

- kennoterminalin näytön mimiikka pitää paikkansa
- maadoituskytkinten ja katkaisijoiden asennonosoitukset (auki, kiinni, yhdistetty, erotettu) näkyvät oikein mimiikassa ja tunnukset ovat oikeat
- sisään menevät tilatiedot, laukaisut ja hälytykset toimivat
- virta- ja jännitemittaukset toimivat.

Katkaisijan suojareleen asettelun ja testauksen sekä kennoterminalien ohjelmoinnin suorittaa tilaaja.

#### 4.3.4 Valokaarisuojausten testaus

Valokaarisuojauksen tarkastuksessa tarkastetaan johdotukset, virtamuuntajien muuntosuhde ja napaisuus, virtaehdot sekä sensorit. Sensorien testaus suoritetaan simuloimalla valokaari kameran salamavalolla tai vastaavalla laitteella. Samalla tarkastetaan, että sensorit on sijoitettu listan mukaisesti kohtiin, ja että valokaarisuojan näytölle tulee oikean sensorin numero.

Virtaehdojen ja sensoreiden tarkistuksesta tehdään erillinen pöytäkirja. Myös hälytysten perille meno hälytyskeskukseen varmistetaan ja kuittausten toiminta tarkastetaan. Valokaarisuojilta lähtevät katkaisijoiden laukaisut testataan katkaisijakenttien koestuksien yhteydessä.

#### 4.3.5 Automaattisen syötönvaihdon testaus

Automaattinen syötönvaihto testataan syöttämällä kumpaankin kojeistoon jännitettä ja simuloimalla alijännitetilanne. Jos käytössä on vain yksivaiheinen koestuslaite, voidaan kennoterminali ohjelmoida yksivaiheiseksi koestuksen ajaksi. Koestuksen aikana testataan automaattisen syötönvaihdon ohjaustavan (käsin tai automaatti) valintakytkimen toiminta ohjaustaulusta. Myös ohjaustaulussa olevien merkkilamppujen toiminta tarkastetaan.

#### 4.3.6 Hälytyskeskuksen testaus

Laitteen hälytyspisteet kirjoitetaan suunnittelijan tekemän hälytyspisteluetellon mukaisesti tietokoneella valmiille pohjalle ja tulostetaan kalvoille, jotka asetetaan kojeen etupaneeliin. Hälytyskeskukseen menevät hälytyspisteet tarkastetaan yksitellen simuloimalla eri vikatilanteet, ja hälytysten jälleenanto ja kuittausten toiminta tarkistetaan. Katkaistavat riviliittimet laitetaan kiinni sitä mukaa, kun hälytyksiä testataan. Kaukokäyttöjärjestelmään ja kaukokäytön ala-asemaan menevät hälytykset tarkistaa tilaajan automaatiopuolen edustaja.

#### 4.4 Moottorilähtöjen koestus

##### 4.4.1 Yleistä moottorilähdön koestamisesta

Moottorilähdöt koestetaan ennen käyttöönottoa, jotta mahdolliset ongelmat huomataan ajoissa, ja jotta laite toimii moitteettomasti, kun tuotanto haluaa käyttää sitä. Työn valvojan tulee liimata moottorilähdön kentän oveen prosessilaitteen koestussuunnitelma ennen töiden aloittamista (ks. kuva 3, seur. s.). Jos sitä ei ole ovelta, siitä pitää ilmoittaa työn asennusvalvojalle.

Kun syöttö- ja ohjauskaapelit sekä kauko-ohjauskaapelit ja mahdolliset hälytyskaapelit on kytketty molemmista päistä ja asentajat ovat kuitanneet kytkennät tehdyiksi, koestajan tehtävä on tarkistaa silmämääräisesti sekä mittaamalla, että johdotukset ovat kuvien mukaiset ja kaapelit, laitteet, kojeet ja liittimet on merkitty asianmukaisesti. Liitteessä 2 on periaatekuva tavanomaisesta moottorin ohjauksen piirikaaviosta.

Suojarele (lämpörele) asetellaan ja koestetaan (ks. 4.6.2 Lämpöreleiden koestus) sekä kauko-ohjaukset ja kentältä tulevat ohjaukset tarkistetaan (ks. 4.6.3 Kauko-ohjausten testaus). Mahdolliset hälytykset testataan ja kaapeleista mitataan eristysvastus ja maadoitusten jatkuvuus. Myös sulakkeiden olemassaolo ja oikeellisuus täytyy varmistaa. Lähdön oven sisäpintaan tulee olla merkittynä minkälaisia ja kokoisia sulakkeita lähdössä käytetään.

NESTE OIL		
Laite	Projekti/Työ	
Valvoja muuntamotyöt		
Valvoja kenttätyöt		
TYÖVAIHE	TEKIJÄ	PVM
1. Syöttö- ja ohj.kaapelit kytketty kentällä		
2. Syöttö- ja ohj.kaapelit kytketty muuntamolla		
3. Kauko-ohjaus- ja hälytyskaapelit kytketty		
4. Suorarele(et) koestettu		
5. Ohjaukset kentältä koestettu		
6. A-mittaus juoru aseteltu		
7. Kauko-ohjaukset koestettu		
8. Häilytykset koestettu		
9. Eristysvastus mitattu		
10. Pyörimissuunta tarkastettu		
11. Asettelut toimitettu sähkölaitokselle		
11. Valmis käyttöä varten		
12. Sulakkeet kiinni tuotantoa varten		
HUOM !		

Kuva 3. Prosessilaitteen koestussuunnitelma.

Moottorilähtöjä koestettaessa täytyy moottorin pyörittämiseen olla aina lupa Neste Oilin tuotannosta sekä prosessisähköistyksestä vastaavalta henkilökunnalta. Lisäksi moottorin luona täytyy aina olla joku seuraamassa koestusta sekä käyttämässä kenttäkytkintä, tarkastamassa pyörimissuunta ja asettelemassa virtamittarin juoru. Kentälle koestusta seuraamaan menee tavallisesti tilaajan tai kenttäurakoitsijan edustaja.

Kun koestus on suoritettu, punakynämerkinnät tehty ja kaikki kohdat koestussuunnitelmasta on kuitattu 11. kohtaan asti, niin valvojan tehtävä on kuitata työ valmiiksi. Sähkösuunnittelija toimittaa mahdolliset asettelut sähkölaitokselle ja Neste Oilin sähkömiehet laittavat sulakkeet paikalleen tuotantoa varten. Urakoitsija ei koskaan laita sulakkeita valmiiksi paikalleen, ellei sitä erikseen pyydetä. Urakoitsija ei myöskään koskaan ota moottorilähtöä pois päältä ja sulakkeita irti ennen töiden aloittamista, vaan sen tekee aina tilaajan edustaja.

#### 4.4.2 Lämpöreleiden koestus

Bi-metalli lämpöreleiden koestus suoritetaan kytkemällä releen vaiheet sarjaan ja koestamalla virralla, joka on kolme kertaa suurempi kuin moottorin nimellisvirta. Jos laukaisuaika on  $\pm 10$  prosentin tarkkuudella releen laukaisukäyrädokumentin taulukossa oleva aika tai  $\pm 20$  prosentin tarkkuudella releen laukaisukäyrädokumentin laukaisukäyrästä luettu aika, niin lämpörele soveltuu moottorin suojaksi.

Jos moottori, jota lämpörele suojaa, sijaitsee räjähdysvaarallisessa tilassa ja sen räjähdysuojarakenne on Exe, eli varmennettu rakenne, on koestus suoritettava käynnistysvirtasuhteella  $I_a/I_n$ . Laukaisuajan tulee olla pienempi kuin moottorin arvokilvessä ilmoitettu tE aika. Jos koestusta ei voida suorittaa kyseisellä virralla, voidaan se tehdä virralla, joka on kolme kertaa moottorin nimellisvirta. Tällöin käynnistysvirtasuhteen mukainen laukaisukäyrältä luettu laukaisuaika tulee kuitenkin olla pienempi kuin  $0,8 \times tE$ .

Elektroniset lämpöreleet tulee asetella moottorin nimellisvirtaa vastaavaan arvoon, mutta niitä ei tarvitse erikseen koestaa. Moottorin suojien koestuksesta tehdään koestuspöytäkirja, joka toimitaan tilaajalle. (13.)

#### 4.4.3 Kauko-ohjausten testaus

Jalostamolla on käytössä Metson 24 V:n tasajänniteautomaatiojärjestelmä, jolla alueen moottoreita ja venttiilejä ohjataan. Myös vanhempi 60 V:n tasajännitejärjestelmä on osittain käytössä, mutta laitteistoa uusitaan jatkuvasti. Tavallisesti järjestelmästä annetaan käyntilupa, minkä jälkeen moottorin voi käynnistää kentältä tai järjestelmästä, jos kenttäkytkin on kiinni. Lisäksi järjestelmään lähtee moottorin käyntitieto sekä joissakin tapauksissa moottorin virtatieto millivirtatietona.

Kauko-ohjauksien toimivuuden testaus tulee tehdä tilaajan automaatiojärjestelmän edustajien kanssa yhteistyössä ennen moottorin käyttöönottoa. Koestuksen aikana tilaajan tai kenttäurakoitsijan edustaja huolehtii kenttäkytkimen käytöstä sekä tarkistaa oikean pyörimissuunnan ja huolehtii virtamittarin juorun asettamisesta, jos moottorissa on virtamittari kentällä. Jos järjestelmään lähtee moottorin virtatieto, niin se täytyy antaa koestuksen aikana millivirtalähettimellä, jotta virtatiedot saadaan skaalattua.

Moottorin nimellistä virtaa vastaavaa virtatietoa laskettaessa pitää huomioida, että millivirtamuuntimen lähettämän virtatiedon pienin arvo ei ole nolla, vaan alue on yleensä 4:stä 20:een mA:iin. Esimerkiksi, jos moottorin nimellisvirta on 210 A, virtamuuntimen muuntosuhde on 300 A/1 A ja millivirtamuuntimen ensiön virta-alue on 0:sta 1:een A:iin, moottorin nimellisvirtaa vastaava arvo millivirtatietona saadaan laskettua kaavalla

$$\frac{I1n * (I2 \max - I2 \min)}{I1 \max} + I2 \min = I2n$$

$$= \frac{210 \text{ A} * (20 \text{ mA} - 4 \text{ mA})}{300 \text{ A}} + 4 \text{ mA} = 15,2 \text{ mA} ,$$

jossa  $I1n$  on moottorin nimellisvirta,  $I2 \max$  on millivirtamuuntimen toisiopuolen suurin arvo,  $I2 \min$  on millivirtamuuntimen toisiopuolen pienin arvo,  $I1 \max$  on virtamuuntajan ensiöpuolen suurin arvo ja  $I2n$  on moottorin nimellisvirtaa vastaava arvo millivirtatietona.

Kauko-ohjaukset järjestelmään kulkevat kauko-ohjauskeskuksen kautta. Kauko-ohjauskeskuksissa käytetään katkaistavia riviliittimiä, joten riviliittimien yhdistyspalat pitää muistaa laittaa kiinni ennen kuin moottorin koestaminen aloitetaan. Järjestelmästä tuleva ohjausjännite on hyvä tarkastaa jännitteen aleneman takia. Ohjauskaapeleiden poikkipinta-alat ovat pieniä ja matkat voivat olla hyvinkin pitkiä, joten käytännössä järjestelmästä pitää syöttää hieman korkeampaa jännitettä kuin 24 V. Myös kauko-ohjauskaapeleiden johdotukset tulisi tarkastaa ennen yhteiskoestuksen alkua.

#### 4.4.4 Väyläohjatun moottorilähdön koestus

Nykyään uudet moottorilähdöt on toteutettu jalostamalla yhä useammin älykkäillä moottorinohjaimilla (Siemensin *simocode*), jotka liitetään *profibus*-väylään optisilla kuitukaapeleilla. Väyläohjatun moottorilähdön ovelissa on Siemensin *simocode*-ohjausyksikkö ja lähdön sisällä mittaus- ja liityntäyksiköt.

Laitteen ohjelmoinnin suorittaa tilaaja, mutta toiminnan testauksen urakoitsijan koestaja. Neste Oil on tehnyt väyläohjatun moottorilähdön koestukseen yksityiskohtaisen ohjeen (*simocode pro v dol*-lähtöjen testauslista), jossa kerrotaan kohta kohdalta, mitä koestuksen aikana testataan ja miten se suoritetaan.

#### 4.4.5 Taajuusmuuttajälähdön koestus

Taajuusmuuttajan varsinaisen parametrionnin suorittaa tilaaja, mutta koestajan tulee syöttää muuttajalle sen syöttämän moottorin nimellisarvot. Taajuusmuuttajia ohjataan millivirtatiedoilla järjestelmästä. Millivirtatietojen arvot pitää mitata taajuusmuuttajalta, kun moottoria ajetaan järjestelmästä ja varmistaa, että virtatiedot ovat samat kuin mitä syötetään. Lisäksi taajuusmuuttajalta lähtee järjestelmään moottorin virtatieto joka pitää simuloida koestuksen aikana. Koestuksen aikana ABB:n taajuusmuuttajille täytyy yleensä suorittaa identifiointiajo eli ID-ajo. Neste Oilin jalostamolla on kauko-ohjattujen taajuusmuuttajien lisäksi myös manuaalisesti taajuusmuuttajalta ohjattavia sekä älykkäitä väyläohjattuja taajuusmuuttajia.

#### 4.5 Muuntajan käyttöönotto

Jakelumuuntajan varsinaisen koestuksen suorittaa muuntajan toimittaja, ja vastaanotto- ja käyttöönottotarkastukset tilaaja. Muuntamourakoitsijan koestajan tehtäväksi jää muuntajan ja muuntajan syöttökaapelin eristysvastusmittaukset sekä muuntajan maadoitusten jatkuvuusmittaukset.

Muuntajan suojauksista katkaisijoille lähtevät laukaisut testataan ja hälytysten perille meno hälytyskeskukseen varmistetaan. Muuntajien lämpötilahälytys simuloidaan kääntämällä lämpömittaria yli hälytys- ja laukaisurajan. Kaasurele testataan testauspainikkeella ja öljyn pinnankorkeus joudutaan simuloimaan yhdistämällä ne riviliittimet, joihin tieto muuntajalta tulee.

#### 4.6 Dokumentointi

Suoritetuista mittauksista tehdään mittauspöytäkirjat, jotka toimitetaan työn valvojalle. Kaikkiin tarvittaviin mittauksiin, joista on tehtävä mittauspöytäkirja, on olemassa Neste Jacobsin tekemiä valmiita mittauspöytäkirjapohjia, joita tulee käyttää.

Käyttöönotto-/luovutustarkastusta varten tarvittavia mittauspöytäkirjoja ovat

- katkaisijoiden suojarleiden koestuspöytäkirjat
- kaapeleiden, muuntajien ja keskusten eristysresistanssien mittauspöytäkirjat
- maadoitusten mittauspöytäkirjat
- johdonsuojakatkaisijoiden ja vikavirtasuojien koestuspöytäkirjat
- valokaarisuojien koestuspöytäkirjat
- lämpöreleiden koestuspöytäkirja.

Käyttöönottopöytäkirjan liitteeksi vaaditut mittauspöytäkirjat sekä koestussuunnitelmat, joihin on kuitattu kaikki työvaiheet suoritetuiksi, toimitetaan pöytäkirjan laatijalle (projektinhoitajalle).

## 5 Yhteenveto

Insinööriyössä tutustuttiin muutaman kuukauden ajan YIT Teollisuus Oy:n palveluksessa Neste Oilin jalostamolla Kilpilahdessa työskentelevän koestajan työhön sekä alueen toimintatapoihin. Tutustumisjakson sekä Neste Oilin turvamääräysten ja toimintatapaohjeiden pohjalta luotiin ohjeistus Kilpilahden sähkökoestuksiin. Ohjeistuksen tarkoituksena ei ole yksityiskohtaisesti selventää jokaista eri mittauskytkentää tai muutenkaan olla liian yksityiskohtainen, vaan se on tarkoitettu jo koestuskokemusta omaavalle henkilölle perehdyttämään häntä Kilpilahden alueen erityispiirteisiin ja käytäntöihin. Lyhytaikaisen komennuksen takia voi olla turhaa ja turhauttavaa lukea useita kymmeniä sivuja turvallisuusohjeistuksia ja määräyksiä, joten koestusohjeistuksessa tuodaan esiin tärkeimpiä asioita pääpiirteittäin ja annetaan vinkkejä alueella toimimiseen.

Tutkimuksen aikana ei päästy tekemään kaikenlaisia alueella suoritettavia koestustehtäviä, joten kokemus esimerkiksi keskijännitekojeistojen ja väyläohjattujen moottorilähtöjen koestamisesta jäi hyvin vähäiseksi. Tämän takia ohjeistus vaatii vielä

päivittämistä, mutta se toimii hyvänä pohjana, johon on helppo lisätä ja päivittää tietoa. Tarkoituksena on seuraavan kahden vuoden aikana kehittää ohjeistusta, jotta vuonna 2015 olevaan Neste Oilin jalostamon suurseisokkiin tuleville koestajille voidaan lähettää ohjeistus etukäteen luettavaksi. Käytännöt myös muuttuvat ja uusia tilanteita ja määräyksiä tulee jatkuvasti, joten ohjeistusta pyritään pitämään ajan tasalla myöhemminkin.

Tutkimuksen aikana kävi ilmi, että koestajan työ on hyvin vaihtelevaa ja erilaisten ongelmien ratkaiseminen kuuluu suurelta osin työhön. Näiden ongelmien ratkaisemisessa on avuksi, että tunnetaan sähköjärjestelmät hyvin ja omataan paljon kokemusta sähkökoestuksista. Kilpilahdessa on sähköasennuksia melkein viidenkymmenen vuoden ajalta, joten erilaisia sähkölaitteita ja asennustapoja on paljon eri ajanjaksoilta.

Vanhaa sähkölaitteistoa uusitaan ja uudet järjestelmät toteutetaan jalostamolla usein älykkäillä lähdöillä ja laitteistoja ohjelmoidaan tietokoneilla. YIT:n aikomuksena on kehittää koestustoimintaa Kilpilahdessa, jotta laitteet ja osaaminen vastaavat nykypäivän vaatimuksia, ja toiminta on järjestelmällistä.

## Lähteet

- 1 Kilpilahden teollisuusalueen verkkosivut <[www.kilpilahti.fi](http://www.kilpilahti.fi)>. Luettu 8.4.2013
- 2 Neste Oilin verkkosivut <[www.nesteoil.fi](http://www.nesteoil.fi)>. Luettu 7.5.2013
- 3 Suna, Terho.2007. Ajolupakäytäntö Porvoon jalostamolla. Turvallisuussäntö OQD 1232. Neste Oil.
- 4 Suna, Terho.2007. Vähimmäissuojaimet Porvoon jalostamon alueella. Turvallisuussäntö OQD-1233. Neste Oil.
- 5 Suna, Terho. 2007. Työlupakäytäntö Porvoon jalostamolla. Turvallisuussäntö OQD-1183. Neste Oil.
- 6 Havukainen, Jyrki. 1999. Sähkölaitteiden käyttö. Toiminnankuvaus. Neste Oil
- 7 Järvinen, Mike. 2004. Sähkötyövalmiuslupa. Toimintajärjestelmä OQD-2854. Neste Oil.
- 8 Kolehmainen, Simo. 2007. Työnriskien arviointi Porvoon jalostamolla. Toiminnankuvaus OQD-3600. Neste Oil.
- 9 Miettinen, J. 2012. Muuntamon M098 sähköasennukset. Työmäärittely EABS-271. Neste Jacobs.
- 10 Puranen, Harri. 2012. Muuntamon M098 400V:n kojeistojen 100F, 200F ja 100H toimintaselostus. Toimintaselostus NP4-36740. Neste Oil
- 11 Kuosmanen, Markku. 2007. Muuntamoasennukset. Sähköistyksen yleisspesifikaatio N-105. Neste Oil.
- 12 Palokatko-opas. Osastoivat läpiviennit ja -saumaukset. verkkodokumentti. <[http://www.palokatkooyhdistys.fi/files/palokatko\\_opas\\_141107.pdf](http://www.palokatkooyhdistys.fi/files/palokatko_opas_141107.pdf)>. Luettu 24.5.2013.
- 13 Pietiäinen, Timo. 2012. Sähkömoottoreiden lämpöreleiden koestus. Ohje OQD-2851. Neste Oil.



Periaatekuva moottorin ohjauksen piirikaaviosta

