



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

OTTO SIMULA

# **Voimalaitoksen sähköjakelun kriittisyysluokittelu**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN KOULUTUSOH-  
JELMA  
2020

Tekijä(t) Simula, Otto	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 8.10.2020
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Voimalaitoksen sähköjakelun kriittisyysluokittelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Tiivistelmä  <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kriittisyysluokittelu työn tilaajan Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen sähköjakelujärjestelmästä. Kriittisyysluokittelua käytetään teollisuuden kunnossapitojärjestelmien tukena tuottamaan kohdennettua tietoa laitteiden vikaantumisten vaikutuksista ympäristöön, turvallisuuteen ja tuotantoon. Luokittelun tuloksien avulla on mahdollista ohjata kunnossapidon resursseja niitä eniten vaativille kohteille.</p> <p>Kriittisyysluokittelussa käytettiin tilaajan käytössä olevaa standardin PSK 6800 menetelmään pohjautuvaa kriittisyysluokittelu taulukkoa. PSK 6800 – standardin mukaisessa menetelmässä tarkasteltiin laitteiden ympäristöön, turvallisuuteen ja tuotantoon liittyviä riskejä, joiden mukaan laskettiin jokaiselle osa-alueelle osakriittisyydet sekä laitteille kokonaiskriittisyydet.</p> <p>Työn tuloksena saatiin luokiteltua jakelujärjestelmään liittyvien laitteistojen kriittisyydet, joita voidaan käyttää kunnossapidon- ja varaosa tarpeiden suunnittelussa tuotannon katkosten minimoimiseksi.</p>		
<a href="#">Asiasanat</a> Kriittisyys, kunnossapito, sähköjakelu, voimalaitos.		

Author(s) Simula, Otto	Type of Publication Bachelor's thesis / Master's thesis	Date 8.10.2020
	Number of pages 33	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Critical classification of the power distribution system of a powerplant</b>		
Degree program Electrical- and automation engineering		
<p>Abstract</p> <p>The goal of this thesis was to make a criticality classification for Pori Energia Oy. The critical classification was made for the power distribution system of company's powerplant located in Aittaluoto, Pori. Critical classification is used as a support tool for industrial maintenance systems to produce targeted information about the effects to environment, safety and losses of production resulting from a failure of a device. Results of the classification can be used to guide resources of the maintenance to the targets demanding it the most.</p> <p>Critical classification was made with a critical classification tool that is in company's use. The classification tool is based on a method of the standard PSK 6800. Using the method, the risks considering the environment, safety and the loss of production were calculated. Method calculates sub-criticality index of each sector, criticality index and the class of criticality for the device.</p> <p>As an outcome of this thesis work the criticality of the power distribution system was calculated. The results can be used to improve maintenance- and spare part planning to minimize the interruptions of production.</p>		
<p><u>Key words</u>          Criticality, maintenance, power distribution, powerplant</p>		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 PORI ENERGIA KONSERNI.....	6
2.1 Pori Energia sähköverkot Oy .....	8
2.2 Sähkönmyyntiyhtiö Oomi .....	8
2.3 STEP Oy .....	8
2.4 Voimalaitokset .....	9
2.4.1 Aittaluodon voimalaitos .....	9
2.4.2 Kaanaan voimalaitos .....	11
3 TYÖN TAVOITTEET .....	12
4 KRIITTISYYSLUOKITTELU .....	13
4.1 PSK-6800-standardi .....	13
4.2 Kriittisyys.....	13
4.3 Kriittisyysluokittelutaulukko.....	13
4.4 Riskien tasot.....	15
4.5 Osa-alueet.....	15
4.5.1 Vikaantumisväli .....	16
4.5.2 Turvallisuus.....	16
4.5.3 Ympäristö.....	17
4.5.4 Tuotannon menetys .....	18
4.5.5 Korjauskustannukset .....	19
4.5.6 Varaosien saatavuus .....	20
4.6 Laskentakaavat.....	21
5 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ.....	23
6 KOJEISTOT.....	24
6.1 20kV kojeisto AJ01 .....	24
6.1.1 Vähäjykykatkaisija OSAN 24 P1.....	26
6.1.2 Kennoterminaali VAMP 255 .....	27
6.2 RMU-kojeistot .....	28
7 MUUNTAJAT .....	29
8 TOTEUTUS .....	31
9 TULOKSET .....	32
10 YHTEENVETO .....	33
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehdään voimalaitoksen sähkönjakelun kriittisyysluokittelu, jonka avulla selvitetään luokittelun kohteena olevaan järjestelmään liittyviä riskejä ja kunnossapitotarpeita. Luokittelun tuloksina saatavia arvoja käytetään tilaajan uudessa kunnossapitojärjestelmässä kunnossapidon ja ennakkohuoltojen suunnittelussa. Kriittisyysluokittelun avulla voidaan kohdentaa kunnossapito- ja varaosaresursseja laitteiston kriittisimmille kohteille. Työssä käytetään yhtiön toiselle voimalaitokselle tehdyn luokittelun mukaista luokittelumenetelmää. Tämä luokittelu koskee voimalaitoksen käytössä olevia 20–kilovoltin järjestelmiä. Yhteisen menetelmän mukainen kriittisyysluokittelu tullaan todennäköisesti tekemään vielä voimalaitoksen tärkeimmille pienjännitejärjestelmän laitteille.

Työssä tehdään menetelmän mukaan laitelistaus, jossa on eritelty jakelujärjestelmään kuuluvat muuntajat omaan osioonsa ja jakelujärjestelmään kuuluvat kojeistot omaan osioonsa. Muuntajat ja erotinkojeistot luokitellaan kokonaisuuksina ja AJ01-kojeistosta luokittelussa on eroteltu vähäöljykatkaisijat ja lähtöjen suojauksesta vastaavat kennotermiinaalit.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi tilaajan tietoja ja työn tavoitteita. Työn tavoitteiden jälkeen kuvataan tilaajan käytössä oleva PSK-6800-standardin mukainen kriittisyysluokittelumenetelmä ja laskennassa käytettävän Excel laskentataulukon käyttämät laskentakaavat. Menetelmän kuvauksen jälkeen käydään läpi laitoksen sähkönjakelujärjestelmä. Ennen työn lopussa olevaa yhteenvetoa käydään läpi työn toteutus ja tulokset. Opinnäytetyönä tehty kriittisyysluokittelu on liitteenä 1-4 ja liitteenä 5 on Aittaluodon sähköjakelun yleiskytkinkaavio, jossa rajattuna työn alue.

## 2 PORI ENERGIA KONSERNI

Pori Energia Oy on Porin kaupungin kokonaan omistama yhtiö, joka myy energiaa ja energia-alan palveluja asiakkailleen pääasiassa Satakunnan alueella. Yhtiön liiketoiminta-alueita ovat energiantuotanto, sähkönmyynti, energiapalvelut sekä käynnissäpito-, urakointi- ja tuulivoimapalvelut. Pori Energia -konserniin kuuluvat emoyhtiön lisäksi täysin omistetut tytäryhtiöt Pori Energia Sähköverkot Oy (PESV) ja Tuulia Energia Oy. Viimeksi mainitulla yrityksellä ei ollut tilikauden aikana varsinaista toimintaa. Pori Energia Sähköverkot Oy on keskittynyt sähkömarkkinalain tarkoittamaan jakelu- ja alueverkkotoimintaan verkkoalueellaan. Pori Energia konsernilla on osakkuudet yrityksissä Suomen Teollisuuden Energiapalvelut - STEP Oy, Voimapato Oy, Kolsin Voima Oy, One1 Oy, Solar Power Holding Oy, E-Protech Oy ja POLA Energy Assets Oy. (Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019)

Taulukko 1. Pori Energia- konsernin henkilöstö yhtiöittäin. (Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019)

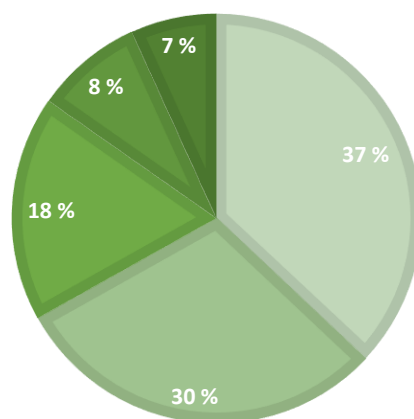
Henkilöstö yhtiöittäin	2019	2018	2017
Pori Energia Oy	177	183	188
PESV Oy	25	23	24

Taulukko 2. Pori energia- konsernin talouden tunnuslukuja 2017–2019. (Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019.)

Pori Energia -konserni	2019	2018	2017
Vakinainen henkilökunta	202	206	212
Liikevaihto, M€	141,5	138,3	137,1
Liikevaihto/henk. (1000€)	700,3	671,5	646,9
Käyttökate, M€	32,5	32,4	32,7
Käyttökate/henk. (1000€)	160,9	157,4	154,4
Käyttökate -%	23,0	23,4	23,9
Liikevoitto, M€	18,8	18,6	18,9
Liikevoitto/henk. (1000€)	92,9	90,5	89,0
Liikevoitto -%	13,3	13,5	13,8
Taseen loppusumma, M€	351,6	316,7	276,3
Investoinnit, M€	60,3	42,0	17,9
Sijoitetun pääoman tuotto -%	6,6	7,4	7,9
Omavaraisuusaste (%)	27,0	26,7	27,1

### LIKEVAIHDON JAKAUMA

■ Sähkön myynti     
 ■ Lämmön myynti     
 ■ Sähkön siirto  
■ Prosessienergian myynti     
 ■ Palvelu- ja tarvikemyynti



Kuvio 1. Pori Energia- konsernin liikevaihdon jakauma vuodelta 2019. (Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019)

## 2.1 Pori Energia sähköverkot Oy

Pori Energia sähköverkot Oy on Pori Energia konsernin 100-prosenttisesti omistama tytäryhtiö, joka vastaa sähkömarkkinalain mukaisesta sähköverkkoliiketoiminnasta omalla verkkoalueellaan. Yhtiö on perustettu vuonna 2006, jolloin se eriytettiin Porin Energia Oy:stä sähkömarkkinalain mukaisen eriyttämisvaatimuksen mukaisesti. Yhtiö vastaa yli 50 000 verkon käyttäjän sähkön siirrosta ja jakelusta Porin alueella. (Pori Energia Oy:n verkkosivut a, 2020)

## 2.2 Sähkönmyyntiyhtiö Oomi

Pori Energia Oy:n sähkönmyynti siirtyi 1.4.2020 toimintansa aloittaneelle sähkönmyyntiyhtiö Oomi Energialle. Oomi Energia on neljän muun energiayhtiön perustama valtakunnallinen energiayhtiö. Oomi Energia on yksi suomen suurimmista sähkömyyntiyhtiöistä, jonka perustajayrityksiä ovat: Pori Energia Oy, Lahti Energia Oy, Oulun Seudun Sähkö, Oulun Sähkönmyynti Oy ja sen osakkaat ja Vantaan Energia Oy. (Pori Energia Oy:n www-sivut b. 2020)

## 2.3 STEP Oy

Suomen Teollisuuden Energiapalvelut - STEP Oy tarjoaa kumppanuusperiaatteita noudattavia kestäviä energiaratkaisuja teollisuusasiakkaille. STEP Oy tarjoaa asiakkaiden tarpeiden, energiatehokkuuden ja räätälöityjen ratkaisujen mukaisia energiaratkaisuja. STEP on Veolian (51 %) ja Pori Energian (49 %) omistama yhteisyritys. STEP Oy tarjoaa energia- ja tukipalveluja muun muassa Harjavallan suurteollisuus puiston usealle kumppanille ja Koskenkorvan tehdasalueella Altia Oyj:lle.

STEP:in Harjavallan Suurteollisuuspuistossa toimiva voimalaitos tuottaa pääasiassa höyryä teollisuusalueen yrityksille. Voimalaitos hyödyntää myös teollisuusprosesseista talteen otettua lämpöä höyrynjakelussa. Voimalaitoksella tuotetaan myös paineilmaa ja vettä teollisuusalueelle sekä prosessi- ja kaukolämpöä teollisuusalueelle ja Harjavallan kaupungille. (STEP Oy:n www-sivut, 2020)



## 2.4 Voimalaitokset

Porin alueella käytettävä kaukolämpö tuotetaan kahdella voimalaitoksella, jotka sijaitsevat Aittaluodossa ja Kaanaassa. Voimalaitoksilla tuotetaan sekä sähköä, että lämpöä. Yhteistuotantona tuotetun kaukolämmön etuna on sen ympäristöystävällisyys, sillä yhteistuotantolaitoksen hyötysuhde on parempi kuin erillistuotantolaitoksen. Voimalaitoksilla lämmön ja sähkön tuotantoon käytettävät polttoaineet ovat valtaosin Satakunnan alueelta hankittavaa puuta ja turvetta. Voimalaitosten lisäksi Pori energialla on lämpöenergian kulutushuippuja varten muutamia pienempiä huippukuormalaitoksia. (Pori Energia Oy:n www-sivut c. 2020)

### 2.4.1 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon teollisuusalueella Porin keskustan läheisyydessä sijaitsevalla Aittaluodon voimalaitoksella tuotetaan lähes 600 GWh energiaa. Lähes puolet tuotannosta on Porin ja Ulvilan kaukolämpöverkkoihin toimitettavaa kaukolämpöä. Voimalaitoksella tuotetaan kaukolämmön ohella prosessihöyryä Aittaluodon ja kupariteollisuuspuiston käyttötarpeisiin ja yhteistuotannolla sähköä Porin Energian asiakkaille. Laitoksella käytettävä polttoaine on pääosin lähialueelta saatavaa kotimaista puuta ja turvetta.

Aittaluodon voimalaitoksella on kaksi leijukerroskattilaa, joiden yhteinen lämpöteho on 206 MW. Sähkön yhteistuotannosta vastaavat voimalaitoksen kaksi generaattoria, joiden sähköteho on 55 MW. Kaukolämpötehoa voimalaitoksella on noin 100 MW. Aittaluodon voimalaitoksen valvomosta ohjataan Pori Energian kaukolämpöverkkoja ja huippukuormalaitoksia.

Vuoden 2018 alussa käynnistyneessä Aittaluoto 2020- hankkeessa Pori Energian mit-tavan 60 miljoonan investoinnin myötä vuonna 1968 käyttöön otettu Aittaluodon voi-malaitos päivitettiin vastaamaan uusia ympäristövaatimuksia.

A2020- hankkeessa voimalaitoksen vanhemman R-kattilan ja turbiinin korvaajaksi in-vestoitiin uuteen BFB-tyyppiseen kattilalaitokseen ja vastapaineturbiiniin. Kattilalai-tokseen liitettiin myös savukaasulauhdutin, jonka avulla savukaasuista saatavaa

lämpöä hyödynnetään kaukolämmöntuotannossa. Savukaasulauhduttimella saadaan kattilalaitoksen hyötysuhdetta parannettua ja polttoaineen energiasta suurempi osa talteen. Kuvassa 1 Aittaluodon voimalaitos ja vuonna 2020 valmistuneen A-kattilan työmaa. (Pori Energia Oy:n www-sivut c. 2020)



Kuva 1. Ilmakuva Aittaluodon voimalaitoksesta. (Pori Energia Oy:n www-sivut c. 2020)

## 2.4.2 Kaanaan voimalaitos

Porin Prosessivoima Oy:n omistama Kaanaan voimalaitos sijaitsee Kaanaassa Venatorin tehdasalueella. Porin Prosessivoima Oy on Pohjolan Voima Oy:n tytäryhtiö. Pori Energia hallinnoi 40,8 prosenttia Porin Prosessivoima Oy:n osakkeista. Kaanaan voimalaitosta operoi Pori Energian henkilöstö, joka vastaa sen käytöstä ja kunnossapidosta.

Kaanaan biovoimalaitos on valmistunut vuonna 2008 ja sillä tuotetaan energiaa meri-Porin alueen teollisuudelle sekä kaukolämpöä Pori Energian kaukolämpöverkkoon. Polttoaineena laitoksessa on mahdollista käyttää turvetta, puuta, hiiltä ja esikäsiteltyä kierrätyspolttoainetta.

Kaanaan voimalaitoksella on kaksi kiertopetikkattilaa, joiden yhteinen lämpöteho on 283 MW ja kaukolämpöteho on noin 100 MW. Voimalaitoksen yhdellä pääkäytössä olevalla 78 MW generaattorilla tuotetaan yhteistuotantona vastapainesähköä. (Pori Energia Oy:n www-sivut c. 2020)



Kuva 2. Kaanaan voimalaitos. (Pori Energia Oy:n www-sivut c)

### 3 TYÖN TAVOITTEET

Työn tavoitteena oli luoda työn tilaajan Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen pääsähkönjakelujärjestelmästä kriittisyysluokittelu. Luokittelu rajattiin koskemaan voimalaitoksen vanhan puolen 20-kilovoltin keskijännitejakelua sekä sen siihen sisältyvää laitteistoa. Työstä rajattiin pois vuonna 2020 valmistuneen A-kattilan 20kV:n kojeisto sekä Pori Energia sähköverkot Oy:lle kuuluva osa 20kV:n AJ01 kojeistosta. Kriittisyysluokittelulla saadaan tarkasteltua sähkönjakelujärjestelmän osien riskejä eri osa-alueilla. Luokittelussa käytetään aikaisemmin yhtiölle tehtyä PSK 6800-standardiin pohjautuvaa kriittisyysluokittelutyökalua, jolla yhtiön operoiman Kaanaan voimalaitoksen CFB-kattilan sähkönjakelun kriittisyysluokittelu tehtiin. Saman työkalun käyttämisellä mahdollistetaan yhteisen linjan mukainen riskien arviointi sekä eri tuotantolaitosten keskinäinen vertailukelpoisuus.

Kriittisyysluokittelun tuloksia voidaan hyödyntää voimalaitoksen uudessa kunnossapitojärjestelmässä sähkönjakelujärjestelmän ennakkohuoltokohteiden suunnittelussa. Luokittelusta saatavia arvoja käytetään myös laitteiston varaosien hankintatarpeen selvittämisessä ja suunnittelussa sekä järjestelmän kriittisten kohtien selvittämisessä ja riskien jakamisessa osa-aluekohtaisesti.

Henkilökohtaisena tavoitteena ja työn onnistumisen edellytyksenä oli perehtyä voimalaitoksen pääsähkönjakelujärjestelmän rakenteeseen sekä oppia tunnistamaan prosessin kannalta kunnossapitoa vaativien kohteiden määrittämistä.

## 4 KRIITTISYYSLUOKITTELU

### 4.1 PSK-6800-standardi

Kriittisyysluokittelussa on hyödynnetty PSK standardisoimisyhdistys ry:n asiantuntijaryhmien vuonna 2008 laatimaa PSK-6800-standardia, joka kuvaa menettelyn teollisuuden eri kohteiden kriittisyyden arviointiin. Menettelyssä kriittisyyttä arvioidaan taloudellisten-, henkilöturvallisuuden- ja ympäristövaikutusten näkökulmista. Standardissa määritellään yleisimmät kunnossapitoon, teollisuuteen ja niihin liittyvien riskien määritelmät. PSK 6800 standardissa annetaan ohjeelliset kertoimet ja painoarvot, joita hyödynnetään Excel laskentataulukossa standardin antamien laskentakaavojen kanssa. Kriittisyysluokittelua tehdessä tulee aina arvioida käytettävien painoarvojen soveltuvuus arvioitavalle teollisuudenalalle. Tarvittaessa annettuja painoarvoja muutetaan sopivimmiksi. (PSK 6800 2008, 2-4)

### 4.2 Kriittisyys

Kriittisyys kuvaa kohteeseen liittyvän riskin vakavuutta, esiintymisen taajuutta tai todennäköisyyttä. (PSK 6201 2011, 14)

Kriittisyyden määrittämisellä voidaan tunnistaa tuotantoprosessin kannalta laitteistojen tärkeimmät osat ja vaikuttaa laitoksen käytettävyyteen ennakoimalla mahdollisia vikatilanteita ja varautumalla niihin ennakkohuolloilla sekä kriittisten laitteistojen varaosilla. Kunnossapitosuunnittelussa laitteiden kriittisyyden määrittämisellä pyritään vähentämään laitteiden vikaantumisesta johtuvien häiriöiden vaikutusta tuotantoprosessiin. Sähkönjakelujärjestelmän vikaantumiset johtavat usein voimalaitoksella tuotantoprosessin alasajoon. Jopa lyhytkestoinen katkos energian toimituksessa voi aiheuttaa merkittäviä tuotannon menetyksiä.

### 4.3 Kriittisyysluokittelutaulukko

Kriittisyysluokittelussa käytettiin aikaisemmassa opinnäytetyössä Pori Energialle tehtyä kriittisyysluokittelutyökalua. (Hyvönen 2020) Työkalua käytettiin Porin

Kaanaassa sijaitsevan voimalaitoksen CFB-kattilan sähkönjakelujärjestelmän kriittisyysluokittelussa. Saman luokittelutyökalun käyttämiseen päädyttiin, jotta tulokset yhtiön operoiman Kaanaan voimalaitoksen kanssa olisivat vertailukelpoiset. Käytettävä Excel-laskentataulukko työkalu pohjautuu PSK 6800 standardiin.

Standardin mukaisessa kriittisyysluokittelussa aloitetaan tarkastelun laajuuden ja painoarvojen määrittämisellä. Tarkastelussa käytetään aikaisemmassa luokittelussa päätettyjä voimalaitoskäyttöön soveltuvia osa-alueita ja niille määriteltyjä painoarvoja 1–5. Luokittelussa laitteiden kriittisyyteen vaikuttavat osa-alueet ovat vikaantumisväli, turvallisuus, ympäristö, tuotannon menetys, korjauskustannukset sekä varaosien saatavuus.

Taulukko 3. Kriittisyysluokittelun painoarvot (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

Osa-alue	Turvallisuus	Ympäristö	Tuotannon menetys	Korjauskustannukset	Varaosien saatavuus
Painoarvo	5	4	4	2	3

Määriteltyjä painoarvoja käytetään laitteiden osakriittisyyksien laskennassa. Taulukon arvioidaan laitekohtaisia vikaantumisvälejä vastaavat riskien tasot, jotka vaikuttavat laitteiden eri osa-alueiden osakriittisyyteen. Riskien tasot kasvattavat laskennassa käytettävää kerrointa, kertoimen kasvaessa nousee myös saatava arvo huomattavasti. Osakriittisyys arvolla voidaan laitteen eri osa-alueiden kriittisyyttä tarkastella erikseen. Osakriittisyys arvon laskennassa käytetään standardin mukaisia kaavoja, jotka laskevat vikaantumisvälin, osa-alueen riskin sekä painoarvon avulla osakriittisyydelle arvon. Laitteen kokonaiskriittisyyden laskennassa osakriittisyydet lasketaan yhteen ja saatavasta arvosta voidaan määrittää laitteen kriittisyysluokka. Kuvassa 3 luokittelun osakriittisyydet, kokonaiskriittisyydet ja kriittisyysluokan raja-arvot.

						Kriittisyysluokan raja-arvot	
						A	1000
						B	600
						C	0
Turvallisuuden osakriittisyys	Ympäristön osakriittisyys	Tuotannon menetysten osakriittisyys	Korjauskustannusten osakriittisyys	Varaosien saatavuuden osakriittisyys		Kokonaiskriittisyys	Kriittisyysluokka

Kuva 3. Luokittelun kriittisyydet ja raja-arvot. (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

#### 4.4 Riskien tasot

Kriittisyysluokittelussa arvioidaan eri osa-alueisiin liittyviä riskejä. Laittekohtaisia riskejä saadaan arvioitua osa-aluekohtaisesti, kun riskien tasot ovat määritelty tarkasti. Riskien tasojen arviointiin käytettiin haastattelujen, käyttökokemuksen ja yleisen tiedon avulla kerättyjä osa-aluekohtaisia arvioita. Riskien tasot vastaavat aina tiettyä keroainta, joka nousemalla nostaa laitteen osakriittisyyttä. Osa-alueiden käytettävät riskit ovat 1-4, jonka lisäksi *Varaosien saatavuus* - osiossa on lisäksi käytössä taso 5.

Taulukko 4. Riskien tasot (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

Riskin taso	Kerroin
1	2
2	4
3	8
4	12
5 (vain ”varaosien saatavuus”)	16

#### 4.5 Osa-alueet

Luokittelutyökalussa riskejä tarkastellaan viidellä osa-alueella. Jokaiselle osa-alueelle määritellään omat osakriittisyydet, joiden perusteella voidaan tarkkailla tietyn kohteen kokonaiskriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä. Kriittisyysluokittelun osa-alueet ovat turvallisuus, ympäristö, tuotannon menetys, korjauskustannukset ja varaosien saatavuus. Osa-alueet sekä niiden riskien tasot ovat selittyneet seuraavana.

#### 4.5.1 Vikaantumisväli

Vikaantuminen tarkoittaa tapahtumaa, jonka seurauksena kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto päättyy. Vikaantumisväliä arvioidessa tarkastellaan oletettua aikaväliä, jolla asennus-, huolto- tai kunnossapitotoimenpiteiden jälkeen laitteen vikaantuminen todennäköisesti ilmenee. Sähköjakelulaitteistot ovat itsessään toimintavarmoja ja laitteiden vikaantumisvälit ovat yleensä pitkiä. Laitteistot ovat suunniteltu toimintavarmiksi, sillä lyhytkestoisetkin vikatilanteet voivat aiheuttaa suuria tuotannon menetyksiä. Muuntajat sekä kojeistot ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, jonka vuoksi ne ovat toimintavarmoja. Vikaantumisvälille käytetään kuvassa esitettäviä riskin tasoja 1–4, joista jokainen vastaa omaa aikaväliä.

<p><b>Riskien tasot:</b></p> <p>1 = Pitkä vikaantumisväli, yli 10- vuotta.</p> <p>2 = Pitkähkö vikaantumisväli, 3- 10- vuotta.</p> <p>3 = Lyhyehkö vikaantumisväli, 1- 3- vuotta.</p> <p>4 = Lyhyt vikaantumisväli, alle 1- vuosi.</p>
--

Kuva 4. Vikaantumisvälin tasot. (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

#### 4.5.2 Turvallisuus

Turvallisuusriskien arvioinnissa arvioidaan henkilön terveyteen kohdistuvaa vaaran mahdollisuutta. Teollisuuslaitoksessa sähköjakelujärjestelmät ovat sijoitettu tiloihin, joihin on pääsy vain riittävän perehdytyksen saaneilla henkilöillä standardin SFS 6002 mukaisesti. Sähkölaitteistojen asennus-, huolto- ja kunnossapitotöitä suorittavalla henkilöllä tulee olla riittävä pätevyys töiden suorittamiseen. Turvallisuusriskeille käytetään kuvassa esitettäviä riskin taso 1 – 4.



<p>Riskien tasot:</p> <p>1 = Ei turvallisuusriskiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa.</p> <p>2 = Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen. Tai korkeintaan 1-3 päivän poissaolon.</p> <p>3 = Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta.</p> <p>4 = Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen laitoksen ympäristössä.</p>
---

Kuva 5. Turvallisuusriskien tasot. (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

#### 4.5.3 Ympäristö

Ympäristöriskillä tarkoitetaan laitosalueelle tai sen ulkopuolelle kohdistuvaa ympäristön saastumisen mahdollisuutta. Sähköjakelujärjestelmien ympäristöriskit suurimmat riskit muodostuvat muuntajien jäähdtykseen käytettävästä öljystä sekä kojeistojen ja katkaisijoiden eristeenä käytettävästä SF6-kaasusta, jotka vikaantumisen johdosta voivat päätyä ympäristöön. Muuntajatilat ovatkin tätä varten varustettu vuotoaltailta. SF6-kaasu eli rikkiheksafluoridi taas on voimakas kasvihuonekaasu. Ympäristöriskin vakavuuden arvio on verrannollinen vain tarkasteltavan teollisuuden alan sisällä. Esimerkiksi kemianteollisuudessa toteutunut vakava turvallisuus- tai ympäristöriski on usein tuhoisampi kuin jollain muulla teollisuuden alalla. Kuvassa 6 Ympäristön tasot esitettyinä. (PSK 6800 2008, 10)

<p>Riskien tasot:</p> <p>1 = Ei ympäristöriskiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.</p> <p>2 = Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa pientä paikallista ympäristön likaantumista laitosalueella.</p> <p>3 = Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen saastumista.</p> <p>4 = Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen lähiympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia.</p>
---

Kuva 6. Ympäristöriskien tasot. (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

#### 4.5.4 Tuotannon menetys

Tuotannon menetys tarkoittaa laitteen vikaantumisesta johtuvaa menetettyä tuotantoaikaa sekä siitä johtuvaa taloudellista tappiota. Sähkölaitteiston ja etenkin sähkönjakelujärjestelmiin kuuluvien laitteiden vikaantuminen voi aiheuttaa suuria tuotannon menetyksiä. Lyhytkin katkos keskijännitejakelussa ajaa mahdollisesti voimalaitoksen sähkön-, höyryn- ja lämmöntuotannon alas. Siksi kriittisten laitteiden varaosien saataavuus on tärkeää olla nopeaa. Alasajo voi johtaa huomattaviin tuotannon menetyksiin. Tuotannon menetyksien nousu kasvattaa kerrointa. Kuvassa 7. esitettynä Tuotannon menetyksien tasot.

Riskien tasot:	
1	= Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat tuotannonmenetykset ovat alle 10 000€.
2	= Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa tuotannonmenetyksiä 10 000 – 50 000€.
3	= Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa tuotannonmenetyksiä 50 000 – 100 000€.
4	= Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa tuotannonmenetyksiä yli 100 000€.

Kuva 7. Tuotannon menetyksien riskien tasot. (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

#### 4.5.5 Korjauskustannukset

Korjauskustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat vikaantuneen laitteen saattamisesta takaisin toimintakuntoon. Pahimmassa tapauksessa tulee kustannustehokkaammaksi korvata vikaantunut laite uudella. Laitteiden korjauskustannukset ovat suoraan verrannollisia menetettyyn tuotantoaikaan ja varaosatarpeiden ennakkoinnilla on mahdollista pienentää korjauskustannuksien osakriittisyyttä. Korjauskustannuksien nousu nostaa laskennan kerrointa. Kuvassa 8. esitettynä korjauskustannuksien riskien tasot.

Riskien tasot:	
1	= Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat 0 – 1000€.
2	= Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat 1000 – 10 000€.
3	= Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat 10 000 – 100 000€.
4	= Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat yli 100 000€.

Kuva 8. korjauskustannuksien riskien tasot. (Kriittisyysluokittelutaulukko, 2020)

#### 4.5.6 Varaosien saatavuus

Standardin mukaisen menetelmän ”laatukustannus”- osio on korvattu ”varaosien saatavuus”- osiolla, sillä se soveltuu paremmin voimalaitoskäyttöön. Varaosien saatavuus tarkoittaa aikaa, joka kuluu varaosien saamiseksi niiden käyttöpaikalle. Varaosilla voidaan tarkoittaa laitteen korjaamiseen tarvittavia yksittäisiä osia tai kokonaan uutta laitetta. Varaosat voivat olla säilytyksessä voimalaitoksen omassa varaosavarastossa tai ne voidaan toimittaa suoraan niiden toimittajalta. ”Varaosien saatavuus”- osiossa on käytössä myös viides riskin taso. Viidennellä riskin tasolla saatavuuden aikavälejä on saatu sovellettua paremmin kunnossapitojärjestelmän käyttöön sopivaksi. Pidemmät toimitusajat kasvattavat laskennassa käytettävää kerrointa. Varaosien saatavuuden riskien tasot sekä kertoimet esitettynä kuvassa 9.

Riskien tasot:
1 = Varaosia on saatavilla 24-tunnin sisällä.
2 = Varaosien toimitusaika on alle 1 viikko.
3 = Varaosien toimitusaika on alle 2 kuukautta.
4 = Varaosien toimitusaika on 2kk - 1-vuosi
5 = Varaosien toimitusaika on yli 1-vuosi, tai varaosia ei ole enää saatavilla.

Kuva 9. Varaosien saatavuuden riskien tasot. (Kriittisyysluokittelutaulukko 2020)

#### 4.6 Laskentakaavat

Kriittisyyden arvioinnissa käytetään PSK 6800 – standardin mukaisia kaavoja, jotka ovat aikaisemmassa tilaajalle tehdyssä opinnäytetyössä muokattu palvelemaan paremmin voimalaitoskunnossapidon tarpeita. Laskennassa käytetään Excel – taulukkolaskentaohjelmaa, jossa laskennassa standardin mukaiseen kaavaan saadaan riskin tasoa vastaava kerroin käyttämällä JOS – lausetta.

Taulukko 5. PSK 6800 – standardin laskentakaavat. (PSK-6800 standardi 2008, 6-11)

Laskettava arvo	Laskukaava
Turvallisuuden osakriittisyys [ $K_e$ ]	$K_s = p * (W_s * M_s)$
Ympäristön osakriittisyys [ $K_e$ ]	$K_e = p * (W_e * M_e)$
Tuotannon menetyksen osakriittisyys [ $K_p$ ]	$K_p = p * (W_p * M_p)$
Varaosien saatavuuden osakriittisyys [ $K_q$ ]	$K_q = p * (W_q * M_q)$
Korjauskustannusten osakriittisyys [ $K_r$ ]	$K_r = p * (W_r * M_r)$
Kokonaiskriittisyysindeksi [ $K$ ]	$K = p * (W_s * M_s + W_e * M_e + W_p * M_p + W_q * M_q + W_r * M_r)$

Käytettävissä laskentakaavoissa  $p$  merkitsee vikaantumisväliä,  $W_s$  merkitsee turvallisuuden painoarvoa,  $W_e$  merkitsee ympäristön painoarvoa,  $W_p$  merkitsee tuotannon painoarvoa,  $W_q$  merkitsee varaosien saatavuuden painoarvoa,  $M_s$  merkitsee turvallisuuden painoarvo kerrointa,  $M_e$  merkitsee ympäristön painoarvo kerrointa,  $M_p$  merkitsee tuotannonmenetyksen painoarvo kerrointa.  $M_q$  merkitsee varaosien saatavuuden painoarvo kerrointa ja  $M_r$  merkitsee korjauskustannuksien painoarvo kerrointa.

## 5 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

Kriittisyysluokittelu rajattiin koskemaan Aittaluodon voimalaitoksen 20-kilovoltin keskijännitejakelua. Työn rajauksesta jätettiin pois uuden A-kattilan 20 kV kojeisto 5BBA01 sekä Pori Energia sähköverkot Oy:n omistukseen kuuluva osa 20 kV AJ01-kojeistosta. Luokittelusta jätettiin pois myös voimalaitoksen päägeneraattorien TG5 ja TG6, niiden blokkimuuntajat ja TG5 generaattorikatkaisija.

Aittaluodon voimalaitoksen yleiskytkinkaavio on liitteenä 5, jossa rajattuna työn alue. Aittaluodon voimalaitoksen sähkönjakelusta vastaavan AJ01 kojeistoa syötetään 110kV ulkokentältä AT03 muuntajan kautta kojeiston kennoon B14. Luokittelua koskevien kennoja syötetään kennon B12 kautta. AJ01-kojeiston kennot B03-B09 syöttävät jakelumuuntajia suoraan tai syöttö on kierrätetty rengassyöttökojeistojen kautta. Jakelumuuntajat muuntavat 20kV keskijännitteen 400V, 500V tai 690V pienjännitteeksi lähempänä pienjännitekojeistoja, joista syötetään laitoksen sähköjärjestelmiä.

Luokittelussa on eritelty kojeiston AJ01 kennojen kenno terminaalit sekä katkaisijat tarkasteluun. Muuntajien ja rengassyöttökojeistojen kriittisyydet ovat luokiteltu kokonaisuuksina.

## 6 KOJEISTOT

Kojeisto on rakennekokonaisuus, joka sisältää tarvittavat kytkentä, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet. Kojektorakenteet ovat jaettavissa suur-, keski- ja pienjännite kojeistoiksi. Kojestot voidaan jakaa metallikuorisiin ja eristysainekuorisiin kojeistoihin. Metallikuoriset kojeistot ovat jaettavissa vielä osastoinnin perusteella metalli-, tila- ja kennokoteloituihin kojeistoihin. Metalli- ja tilakoteloiduissa kojeistoissa kokoojakiskot, katkaisijat ja lähtöjen kojeet ovat omissa tiloissaan. Näiden kahden erona on vain osastointimateriaali, joka metallikoteloidussa on maadoitettua metallia ja tilakoteloidussa eristeainetta. Kennokoteloidussa kojeistossa katkaisijatila ja lähtötila ovat samassa tilassa. Kojestoja on saatavilla ulosvedettävällä kalustuksella tai kiinteällä kalustuksella. (Elovaara & Haarla 2011, 117–122)

### 6.1 20kV kojeisto AJ01

Aittaluodon sähköjakelu jaetaan Strömberg Mete 24 mallisen AJ01- kojeiston kautta. Kojeisto on ilmaeristeinen kennokoteloitu vaunukatkaisijakojeisto. Vuonna 1985 valmistetusta kojeistosta kennot B03-B09 ovat voimalaitoksen käytössä ja kennot B10-B21 Pori Energia sähköverkot Oy:n omistuksessa. Kaikki kennot tarkastelun ovat varustettu Strömbergin valmistamilla OSAN 24 P1-vähäjykatkaisijoilla kennoa B09 lukuun ottamatta, joka on varustettu Siemensin 3AF2744-4 tyhjiökatkaisijalla. Kojeston suojauksen ja ohjauksen hoitavat VAMP 255- kennotermiinit. AJ01 kojeistosta jaetaan jännite edelleen joko suoraan tai rengassyöttökojeistojen kautta jakelumuuntajille, jotka muuntavat jännitteen pienjännitekojeistoille sopivalle tasolle.



Taulukko 6. AJ01 kojeiston lähdöt

Kenno	Kohde	Katkaisija
B03	Vara	Strömberg OSAN 24 P1
B04	CT64	Strömberg OSAN 24 P1
B05	CT69	Strömberg OSAN 24 P1
B06	CT40	Strömberg OSAN 24 P1
B07	Y1005	Strömberg OSAN 24 P1
B08	CT65	Strömberg OSAN 24 P1
B09	5BBA01	Siemens 3AF2744-4



Kuva 10. AJ01-kojeisto

### 6.1.1 Vähäöljykatkaisija OSAN 24 P1

Katkaisijat ovat kojeita, joiden tehtävänä on virtapiirien avaaminen ja sulkeminen. Katkaisijat toimivat käsikäyttöisesti tai automaattisesti. Automaattinen avautuminen tapahtuu yleensä ylivirran vaikutuksesta ja avautumiskäskyn katkaisijalle antaa mittamuuntajien avulla virtapiiriin kytketty suojarole. (Elovaara & Haarla, 2011, 162-163)

Vähäöljykatkaisijassa valokaaren sammutus perustuu katkaisijan sammutuskammiossa tapahtuvaan mineraaliöljyn höyrystymisen aikaansaamaan paineen aiheuttamaan kaasun ja öljyn virtaukseen. (Elovaara & Haarla 2011, 175-175)

Kyseisessä kojeistossa on käytössä Strömbergin valmistamat OSAN 24 P1 vähäöljykatkaisijat. Katkaisijoiden suurin käyttöjännite on 24kV ja katkaisijat ovat nimellisvirraltaan 1250 ampeeria. OSAN – katkaisijoiden sekä varaosien valmistus on lopetettu, mutta Mete-kojeistoon on saatavilla katkaisijasovitteilla nykyaikaisia tyhjiö- tai SF6-katkaisijoita kojeistojen elinkaaren pidentämiseksi.



Kuva 11. OSAN 24 P1 - vähäöljykatkaisija

### 6.1.2 Kennotermiinaali VAMP 255

AJ01 kojeiston jokaisen käytössä olevan kennon suojaus ja ohjaus hoidetaan VAMP 255- kennotermiinaaleilla. VAMP 255 kennotermiinaalia voidaan käyttää johtolähtöjen ja moottoreiden suojatermiinaalien valvonta- ja suojaussovelluksiin. Avojohto- ja kaapeliverkkojen, moottorien, kondensaattoriakustojen, kompensointikelojen ja kiskostojen suojatermiinaalien sähköasemien, sähkölaitosten ja teollisuuden sähköjärjestelmien sekä laivojen ja tuotantoalusten suojaussovelluksiin.

VAMP 255 keskeiset ominaisuudet.

- 5 vaihevirta- ja 3 jännitemittausta.
- Jälleenkytkentä.
- Sisäänrakennettu Ethernet-käyttöliittymä.
- Kestomuisti.
- Tapahtumien käsittely ja rekisteröidyt vika-arvot. Jopa 2000 tapahtuma tallennetta.
- Pätö-, lois- ja näennäisteho energiamittaukset.
- Mahdollistaa jopa 20 digitaalista tuloa ja 9 lähtöä.
- Valinnainen valokaarisuojaus.
- Liitettävyyys useisiin tietoliikennejärjestelmiin.

(Schneider Electric Finland Oy:n [www-sivut](http://www.schneider-electric.com))



Kuva 12. VAMP 255 kennotermiinaali

## 6.2 RMU-kojeistot

Kriittisyysluokittelussa tarkastellaan myös voimalaitoksen sähkönjakeluverkon RMU-kojeistoja (engl. ring main unit) RMU-kojeisto on silmukoidun kaapeloidun keskijänniteverkon kuormanerotinkojeisto. (Elovaara & Haarla, 2011, 138). RMU-kojeistojen kaapelilähdöt ovat varustettu kuormanerottimilla ja muuntajalähdöt varokekuormanerottimilla. Voimalaitoksen RMU-kojeistot ovat sijoitettu muuntajien lähelle silmukoidun jakeluverkon luomiseksi.

Taulukko 7. RMU-kojeistot ja sijainnit.

Tunnus	Kennojen lkm.	Sijainti	Eristysaine
AJ11	5	R-muuntajahuone	Ilma
AJ13	4	PA-vastaanotto	SF6
AJ15	4	Vesilaitos	SF6
AJ16	4	Apukattila	SF6
Y1005	4	Rantapumppaamo	SF6
Y1005.1	2	Rantapumppaamo	SF6



Kuva 13. Apukattilan RMU-kojeisto AJ16.

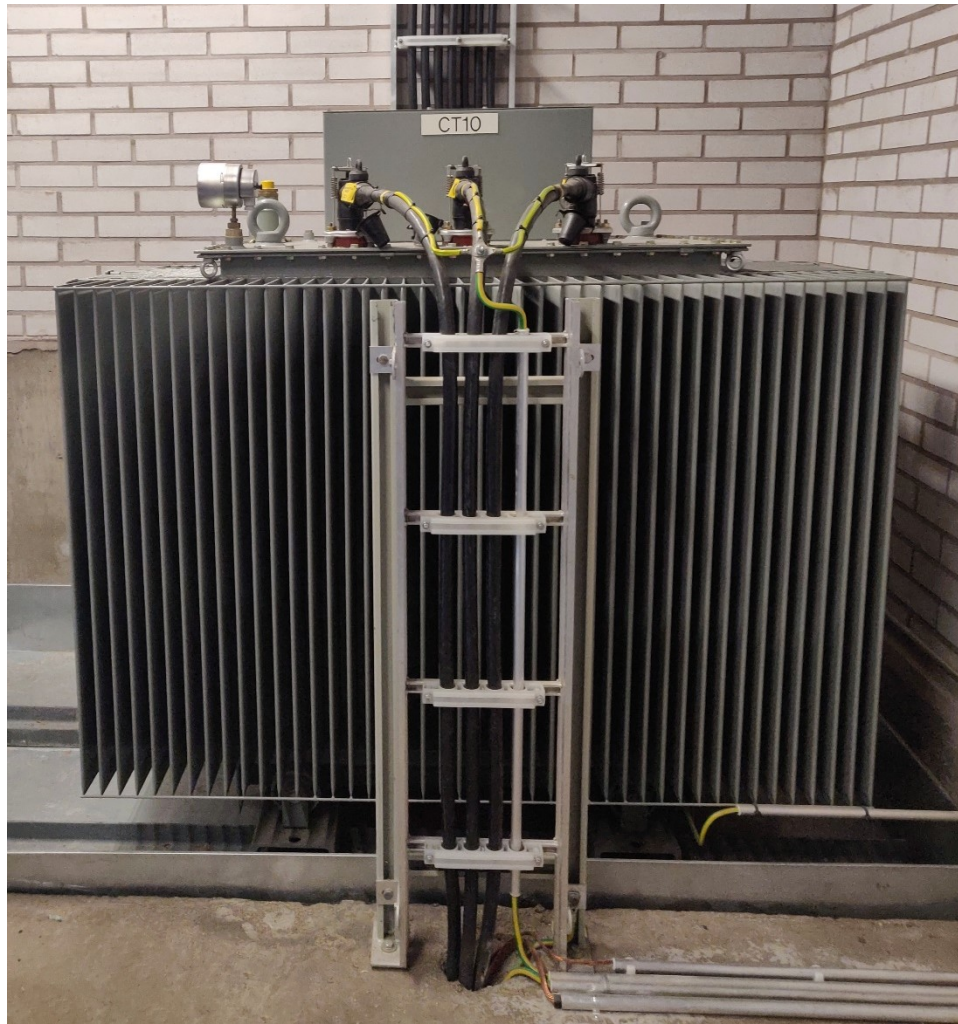
## 7 MUUNTAJAT

Muuntaja on sähkölaite, jonka tehtävänä on muuntaa ja säätää jännitteitä ja virtoja kahden tai useamman käämityksen välillä sähkömagneettista induktiota käyttäen. (Elovaara & Haarla 2011, 141)

Tässä kriittisyysluokittelussa arvioidaan yhteensä yhdentoista jakelumuuntajan kriittisyydet. Muuntajat ovat sijoitettu ympäri voimalaitosta lähelle käyttökohteita omiin tiloihinsa. Muuntajat ovat yhtä lukuun ottamatta öljyeristeisiä luonnollisella jäähdytyksellä (ONAN) varustettuja muuntajia. Muuntaja CT20 on ainoa luonnollisella jäähdytyksellä varustettu ilmaeristeinen muuntaja eli ns. kuivamuuntaja (AN). Vesilaitoksen muuntaja CT20 sijaitsee sisällä keskellä voimalaitosta, minkä vuoksi tilaan ei sovellu perinteinen öljyeristeinen muuntaja. Alla olevassa taulukossa luokittelun muuntajat, niiden tehot, jännitteet sekä kohteet.

Taulukko 8. Voimalaitoksen muuntajien tietoja.

Tunnus	Teho (MVA)	Jännite (kV)	Kohde
CT10	1,6	20/0,690	PA-vastaanotto
CT20	1,6	20/0,690	Vesilaitos
CT30	1,6	20/0,690	Apukattila
CT35	0,5	20/0,400	Apukattila
CT40	1,6	20/0,690	Syvepumppu 2
CT50	0,2	20/0,400	Rantapumppaamo
CT51	0,5	20/0,400	Rantapumppaamo
CT63	1,6	20/0,690	RT-kattila
CT64	2,5	20/0,500	RT-kattila
CT65	1	20/0,400	RT-kattila
CT69	2,5	20/0,690	KL-pumppu 4 & 5



Kuva 14. Polttoaineen vastaanoton muuntaja CT10.

## 8 TOTEUTUS

Opinnäytetyön aihe tuli käynnissäpitopäällikön ehdotuksesta. Yhtiössä on uuteen kunnossapitojärjestelmään siirtymisen vuoksi käynnissä laitteistojen kriittisyyksien luokittelu. Laitteiden kriittisyyksien arvoja voidaan käyttää hyödyksi laitoksen kunnossapitosuunnittelussa. Aittaluodon voimalaitoksella oli jo aikaisemmin tehty opinnäytetyö, jossa luokiteltiin voimalaitoksen kriittisiä laitteita sekä tehtiin itse luokittelutyökalu. Kaanaan voimalaitoksen CFB-kattilan sähköjakelusta tehtiin myös keväällä 2020 kriittisyysluokittelu samaa luokittelutyökalua hyödyntäen. Haasteita työn suorittamiselle toivat koronavirus pandemian aiheuttamat rajoitukset.

Kriittisten kohteiden arviointi päätettiin rajata koskemaan vain voimalaitoksen vanhan puolen sähköjakelua ja siitä jätettiin pois keväällä 2020 valmistuneen A-kattilan sähköjakelu, voimalaitoksen generaattorit TG5 ja TG6 sekä niiden blokkimuuntajat. Sähkö- ja automaatiokunnossapidon kunnossapitomestarin kanssa pidetyssä palaverissa tarkennettiin vielä työn rajausta pelkästään keskijännitejakelulaitteistoihin.

Työssä käytetään hyödyksi aikaisemman opinnäytetyön tuloksena saatua kriittisyysluokitteluatyökalua, joka perustuu PSK-6800 standardiin ”Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa”. Luokitteluun valikoituneet laitteet ovat valikoitu Kaanaan luokittelun mukaisesti, jotta kriittisyyden arvoja on mahdollista vertailla. Työssä päätettiin myös käyttää samoja riskitasoja, laskentakaavoja ja arvoja samasta syystä.

Työtä varten keräsin tietoja kyseisen keskijännitejakelujärjestelmän laitteista laitelistaukseen. Standardiin PSK-6800 perustuvan kriittisten kohteiden arvioinnin johdosta perehdyin myös itse standardiin sekä laitteiden kriittisyyteen vaikuttaviin tekijöihin. Työssä perehdyin myös voimalaitoksen sähköjakelujärjestelmään sekä siihen kuuluviin laitteisiin ja molempien toimintaan. Tuotannon menetyksien arviointi toteutettiin etäpalaverissa käynnissäpitopäällikön sekä sähkö- ja automaatiokunnossapito mestarin kanssa. Tiedon hankkiminen tuotti hieman vaikeuksia osittain laitteiston iän vuoksi. Onneksi yrityksen omista arkistoista löytyi listaus laitteiston komponenteista. Laitteet koottiin taulukkoon ja jaettiin kojeistoihin ja muuntajiin. Rengassyöttökojeistot päätettiin arvioida kokonaisuuksina muuntajien tapaan.

## 9 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin luokiteltua Aittaluodon voimalaitoksen keskijännitejakelujärjestelmän laitteistot. Laitteiden kriittisyyksille saatiin arvot, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa kunnossapitosuunnitteluun ja varaosatarpeiden arviointiin.

Kaikki sähkönjakelujärjestelmän laitteet saivat luokittelussa luokkaa C vastaavat kokonaiskriittisyyden arvot. Sähkönjakelujärjestelmän vikaantumisen aiheuttamat tuotannon menetykset sekä korjauskustannukset ovat yleensä huomattavia, mutta laitteiden kokonaiskriittisyyden arvoa laskee sähkönjakelujärjestelmien suhteellisen pitkä vikaantumisväli.

Muuntajat ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, minkä johdosta niiden elinkaari on pitkä. Ympäristöriskejä aiheuttaa muuntajissa käytettävä jäähdytys öljy. Vikatilanteita varten muuntajatilat ovat varustettu valuma-altailla, eikä öljy pääse saastuttamaan ympäristöä. Luokittelua varten toimittajalta pyydettiin arviot muuntajien hinnoista ja toimitusajoista.

Aittaluodossa käytettävä AJ01- kojeisto on hyvä esimerkki hyvin huolletun kojeiston elinkaaresta. Kojeston katkaisijoita on huollettu säännöllisesti, minkä vuoksi niiden elinkaari on pitkä. Kojestoa on myös mahdollista modernisoida käyttöiän pidentämiseksi. Vähäöljykatkaisijoiden tilalle on mahdollista hankkia nykyaikaisia katkaisijasovitteita, joilla saadaan SF6 tai tyhjiökatkaisija alkuperäiseen kojeistoon. Kojestolähtöjen suojauksesta vastaavien kennoterminaalien päivittämisellä on saatu pidennettyä kojeiston käyttöikää sekä parannettua kojeiston käytettävyyttä.

Liitteinä 1-4 kriittisyysluokittelutaulukko ja liitteenä 5 Aittaluodon pääsähkönjakelun yleiskytkinkaavio, jossa punaisella rajattuna opinnäytetyön alue.



## 10 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli luoda sähköjakelujärjestelmästä yhtiön linjan mukainen standardiin pohjautuva kriittisyysluokittelu. Työn tavoitteisiin päästiin käyttämällä yhtiön käytössä olevaa kriittisyysluokittelutaulukkoa. Taulukon laskennassa käytettiin samoja arvoja kuin yhtiölle aikaisemmin tehdyssä luokittelussa vertailukelpoisen tuloksen saavuttamiseksi. Vaikka työssä käytettiin valmista luokittelutyökalua, jouduin perehtymään luokittelun perustana olevaan standardiin.

Luokittelun kohteena olevan laitteiston rakenteen ja teknisten tietojen selvittäminen oli hyvin työlästä ja suurin osa tiedoista löytyikin yrityksen omasta tietokannasta. Tein luokittelua varten myös varaosa kyselyjä eri tavarantoimittajilta, jotta luokittelun tulos olisi luotettava. Kyselyiden tuloksina saatuja ns. budjetti arvioita varaosien kustannuksista ja toimitusajoista käytettiin laitteiden luokittelussa.

Työn rajaus oli mielestäni onnistunut. Keskijännitejakelun laitteiston luokittelu oli sopivan laajuinen työn sisällöksi. Pienjännitelaitteistojen sisällyttäminen olisi paistuttanut työn sisältöä ja rajaukseen olisi ollut vaikea tehdä selvää linjavetoa. Työ itsessään oli opettavainen. Keskijännitejakeluun perehtyminen syvensi omaa osaamistani. Myös yhteydenpito ja tarjouskyselyt laitetoimittajien kanssa olivat minulle uutta ja opettavaista.

Työn tavoitteena ollut kriittisyysluokittelu saatiin onnistuneesti tehtyä. Tilaaja voi käyttää luokittelun tuloksia ja hankittuja varaosa tietoja uudessa kunnossapitojärjestelmässä tulevaisuuden kunnossapitotöiden ja varaosa tarpeiden suunnittelussa.

## LÄHTEET

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 2: Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Gaudeamus, Otatieto.

Hyvönen, N. 2020. Sähkönjakelujärjestelmän kriittisyysluokittelu voimalaitoksella. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.9.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020060416900>

Kriittisyysluokittelutaulukko 2020. Pori Energia. Julkaisematon dokumentti.

Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019. Viitattu 8.9.2020. <https://www.porienergia.fi/globalassets/yritys/vuosikertomus/2019-toimintakertomus-pori-energia.pdf>

Pori Energia Oy:n www-sivut a. Viitattu 8.9.2020. <https://www.porienergia.fi/sahko-verkot#.X6wxkIgzZPY>

Pori Energia Oy:n www-sivut b. Viitattu 8.9.2020. <https://www.porienergia.fi/oomi#.X1dTKMgzZPZ>

Pori Energia Oy:n www-sivut c. Viitattu 8.9.2020. <https://www.porienergia.fi/lampo/tietoa-kaukolammosta/ymparisto--alkupera#.X1dePcgzZPZ>

PSK 6800. Teollisuuden riskienhallinta. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Criticality Classification of Equipment in Industry. 2008. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK. Viitattu 5.9.2020. <https://psk-standardisointi.fi>.

Schneider Electric Finland Oy:n www-sivut. Viitattu 17.9.2020. [https://www.se.com/fi/fi/product-range/62048-vamp-200-%E2%80%93sarja/12146923126-vamp-200-series---protection-relays/?subNodeId=12146923921fi\\_FI](https://www.se.com/fi/fi/product-range/62048-vamp-200-%E2%80%93sarja/12146923126-vamp-200-series---protection-relays/?subNodeId=12146923921fi_FI)

STEP Oy:n www-sivut. Viitattu 8.9.2020. <https://www.stepenergy.veolia.fi/step-yri-tystiedot/suomen-teollisuuden-energiapalvelut-step-oy>

STEP Oy:n www-sivut. Viitattu 8.9.2020. <https://www.stepenergy.veolia.fi/palvelutarjonta/palvelutarjonta/stepin-kumppanuudet/harjavallan-suurteollisuuspuisto>

Riskin taso	Kerroin
1	2
2	4
3	8
4	12
5	16

Tunnus	Miksi	Vikaantumis-	Turvallisuus	Ympäristö	Tuotannon	Korjaus-	Varaosien
		väli Painoarvot (1-5) ->					
CT10	1,6MVA 20kV/690V PÄ-vastaanotto omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	3	4
CT20	1,6MVA 20kV/690V Vesilaitoksen omakäyttömuuntaja	1	2	1	4	3	4
CT30	1,6MVA 20kV/690V Apukattilan omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	3	4
CT35	0,5MVA 20kV/400V Apukattilan omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	2	4
CT40	1,6MVA 20kV/690V Sivepumppu 2 omakäyttömuuntaja	1	2	2	2	3	4
CT50	0,2MVA 20kV/400V Rantapumppaamo omakäyttömuuntaja	1	2	2	2	2	4
CT51	0,5MVA 20kV/400V Rantapumppaamo omakäyttömuuntaja	1	2	2	2	2	4
CT63	1,6MVA 20kV/690V RT-kattilan omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	3	4
CT64	2,5MVA 20kV/500V RT-kattilan omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	3	4
CT65	MVA 20kV/400V RT-kattilan diesel varmennettu omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	3	4
CT69	2,5MVA 20kV/690V Kaukoliämpöpumpun omakäyttömuuntaja	1	2	2	4	3	4

Muuntajat

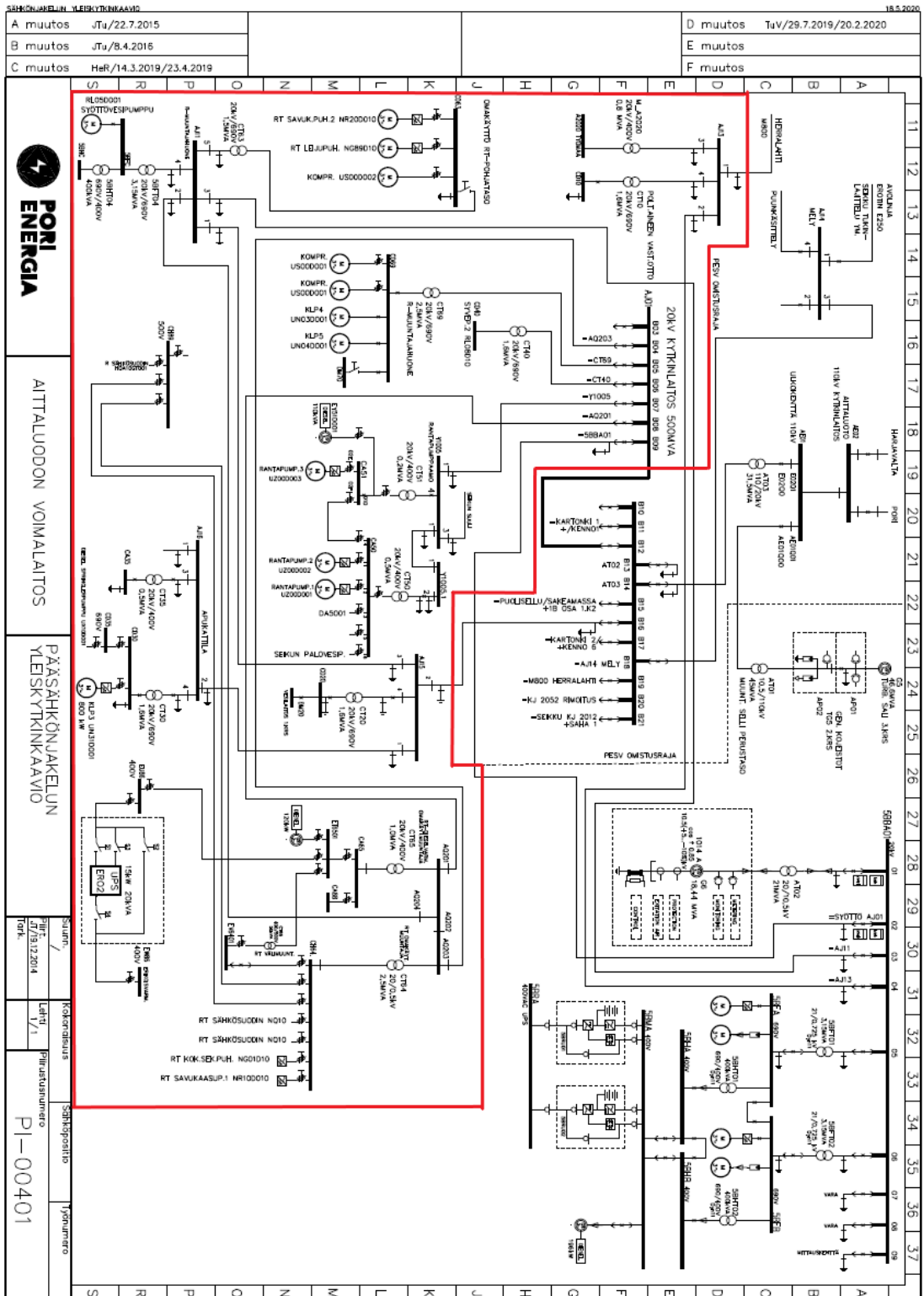


Riskin taso	Kerroin
1	2
2	4
3	8
4	12
5	16

Kojeistot

Tunnus	Nimi	Vikaantumis-	Turvallisuus	Ympäristö	Tuotannon menetykset	Korjaus- kustannukset	Varaosien saatavuus
		väli Painoarvot (1-5) ->					
A101.B03	Vara	1	1	1	1	1	1
A101.B04	Kennoterminaalit VAMP 255 / CT64	2	1	1	3	2	3
A101.B04	OSAN 24 P1 vähäölykattaisija	1	1	2	3	2	1
A101.B05	Kennoterminaalit VAMP 255 / CT69	2	1	1	4	2	3
A101.B05	OSAN 24 P1 vähäölykattaisija	1	1	2	4	2	1
A101.B06	Kennoterminaalit VAMP 255 / CT40	2	1	1	2	2	3
A101.B06	OSAN 24 P1 vähäölykattaisija	1	1	2	2	2	1
A101.B07	Kennoterminaalit VAMP 255 / Y1005	2	1	1	2	2	3
A101.B07	OSAN 24 P1 vähäölykattaisija	1	1	2	2	2	1
A101.B08	Kennoterminaalit VAMP 255 / CT65	2	1	1	3	2	3
A101.B08	OSAN 24 P1 vähäölykattaisija	1	1	2	3	2	1
A101.B09	Kennoterminaalit VAMP 255 / 58BA01	2	1	1	2	2	3
A101.B09	Siemens 3AF2744-4 tyhjiökattaisija	1	1	2	2	2	1
A111	CT63 erotinkojeisto	1	3	1	4	3	4
A113	CT10 SF6-erotinkojeisto	1	2	2	4	3	4
A115	CT70 SF6-erotinkojeisto	1	2	2	4	3	4
A116	APIUKATTILA CT30 & CT35 SF6-erotinkojeisto	1	2	2	4	3	4
Y1005	CT51 SF6-erotinkojeisto	1	2	2	4	3	4
Y1005.1	CT50 SF6-erotinkojeisto	1	2	2	2	3	4





A muutos	Jtu/22.7.2015
B muutos	Jtu/8.4.2016
C muutos	HeR/14.3.2019/23.4.2019

D muutos	TuV/29.7.2019/20.2.2020
E muutos	
F muutos	



AITALLUODON VOIMALAITOS

PÄÄSÄHKÖNKÄVELÜN YLEISKYTKINKAAVIO

Suunnit.	Kokonaissuunn.	Sähkösuunn.	Työnumero
SuR/27/13.7.2014	Lähti 1/1	Piirustussuunn.	PI-00401
THTK.			

18.5.2020