

MAURI KIVINEN

LUONNOSTAAN VAARATTOMAN PIIRIN SUOJUKSEN
TOIMIVUUDEN TOTEAMINEN

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2019



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LUONNOSTAAN VAARATTOMAN PIIRIN SUOJAUKSEN TOIMIVUUDEN TOTEAMINEN

Kivinen, Mauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2019
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 0

Asiasanat: turvallinen, piiri, Exi

Tämän opinnäytetyö tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Exi-laskentatyökalu Microsoft Access ohjelmalla, jolla pystytään toteamaan luonnostaan vaarattoman piirin suojauksen toimivuus.

Tähän asti käytössä on ollut eri yritysten Exi-laskenta- ja yrityksen omat Excel laskentatyökalut. Omalle Exi-laskentatyökalulle oli tarvetta, koska eri yritysten Exi-laskentatyökaluja voi käyttää vain kyseisen yrityksen omissa projekteissa ja omat Excel laskentatyökalut eivät ole olleet riittävän tehokkaita. Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla Exi-laskentatyökalulla saadaan vähennettyä huomattavasti näppäilytyötä ja sen myötä näppäilyvirheiden määrää.

Työssä käsitellään Exi-laskentatyökalun tekemistä, sivutaan Atex-direktiivejä ja siihen liittyviä standardeja, jotka yhdessä määrittelevät raamit luonnostaan vaarattomille piireille ja niiden suojauksen toimivuudelle.

VERIFICATION OF PROTECTION FUNCTIONALITY OF INTRINSICALLY SAFE CIRCUIT

Kivinen, Mauri
Satakunta University of Applied Sciences
Electrical and Automation Engineering
December 2019
Number of pages: 29
Appendices: 0

Keywords: safe, circuit, Exi

The purpose of this thesis was to plan and implement the Exi-counting tool for verification of protection functionality of intrinsically safe circuit using Microsoft Access. So far in use have been different companies Exi-counting tools and company own counting tools. Those counting tools haven't been powerful enough.

Well designed and planned Exi-counting tool is possible to decrease errors and mistakes. This thesis deals how to make counting tool and ATEX directives and standards.

SISÄLLYS

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 MIKÄ ON ATEX?	9
2.1 Atex merkinnät.....	9
3 ATEX-RÄJÄHDYSVAARALLISEEN TILAAN TARKOITETTUIEN LAITTEIDEN MERKINNÄT	9
3.1 Räjähdyksenvaaraton tila.....	11
3.2 Räjähdyksenvaarallinen tila.....	12
3.3 Räjähdyksenvaaralliset tilaluokat	12
3.4 Hyväksytyt laiteluokat eri tilaluokkiin.....	13
3.5 Räjähdyksenvaarallisten tilojen sähkölaitteiden laiteryhmät.....	13
3.6 Räjähdyssuojaustaso EPL	14
3.7 EPL Ma	14
3.8 EPL Mb.....	14
3.9 EPL Ga.....	14
3.10 EPL Gb.....	15
3.11 EPL Gc.....	15
3.12 EPL Da.....	15
3.13 EPL Db.....	15
3.14 EPL Dc.....	15
3.15 Räjähdyssuojausrakenteet	16
4 LUONNOSTAAN VAARATON PIIRI	16
4.1 Mikä on Exi-piiri?.....	16
4.2 Liitännäislaite.....	17
4.3 Kenttälaite	17
4.4 Kaapelit	17
4.5 Luonnollisesti turvallisen piirin laskennat	17
5 ACCESS LASKENTAOHJELMA	19
5.1 Laskentaohjelman suunnittelu	19
5.1.1 Laskentaohjelman etenemisen seurantalaveri.....	19
6 ACCESS TIETOKANTA	20
6.1 Teholähdetaulu.....	20
6.2 Kenttälaitetaulu	20
6.3 Kaapelit-taulu.....	21

6.4	Laskentataulu	21
7	EXI-LASKENTATYÖKALU.....	23
8	YHTEENVETO	28
8.1	Haasteet.....	28
8.2	Tulokset.....	28
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

ATEX	Atmosphères explosibles
Exi	Luonnostaan vaaraton rakenne
Access	Microsoft Access tietokantaohjelma
SQL	IBM:n kehittämä standardoitu kyselykieli
VBA	Microsoftin sovellusohjelmissa makrokielenä käytetty ohjelmointikieli
Suureet:	
C_c	Kaapelin kapasitanssi
C_i	Kenttälaitteen sisäinen kapasitanssi
C_o	Järjestelmän suurin sallittu kapasitanssi
C	Kapasitanssi
I	Virta
I_i	Kenttälaitteen suurin sallittu syöttövirta
I_o	Teholähteen suurin mahdollinen syöttövirta
km	Kilometri
L_c	Kaapelin induktanssi
L_i	Kenttälaitteen sisäinen induktanssi
L_o	Järjestelmän suurin sallittu kapasitanssi
mH	milliHenry
nF	Nanofaradi
U	Jännite
U_i	Kenttälaitteen suurin sallittu syöttöjännite
U_o	Teholähteen suurin mahdollinen syöttöjännite
P	Teho
P_i	Kenttälaitteen suurin sallittu syöttöteho
P_o	Teholähteen suurin mahdollinen syöttöteho

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä luonnostaan vaarattomaan piiriin, luonnostaan vaarattoman piirin rakenteeseen, siihen kuuluviin laitteisiin ja komponentteihin. Perehtyä luonnostaan vaarattoman piirin laskentaperiaatteisiin ja siihen vaikuttaviin direktiiveihin ja standardeihin. Opinnäytetyö tehdään Insta Automation Oy:lle Tampereen Sarankulman toimipisteelle. Työssä tehdään Microsoft Access tietokantaohjelmalla laskentatyökalu, jolla pystytään laskemaan luonnostaan vaarattoman piirin toimivuus. Aihe ei ole minulle entuudestaan tuttu, mikä tekee aiheesta todella mielenkiintoisen ja on hieno mahdollisuus oppia ymmärtämään luonnostaan vaarattoman piirin rakennetta ja siihen kuuluvia laitteita ja komponentteja. Työssä keskitytään laskentaohjelman tekemiseen ja toiminnallisuuteen sekä sivutaan direktiivejä ja standardeja.

Jokaisen luonnostaan vaarattoman piirin toimivuus täytyy laskea ja toimivuus pitää varmentaa. Jokaisesta luonnostaan vaarattomasta piiristä täytyy muodostaa raportti, jossa tulee ilmi piiriin kuuluvien laitteiden ja komponenttien tiedot ja tiedoista lasketut tulokset ja tuloksien mukaan määritellään luonnostaan vaarattoman piirin toimivuus ja piirin sopiminen alueelle, jossa luonnostaan vaaraton piiri sijaitsee. Luonnostaan vaarattoman piirin laskentaohjelmalla pystytään tehostamaan luonnostaan vaarattomien piirien laskentaa ja hyvin suunnitellulla käyttöliittymällä saadaan ohjelmasta käyttäjälähtöinen. Laskentaohjelma on tehty kaasuille ja höyryille. Opinnäytetyössä esitellään pölyräjähdysryhmät ja kaivoskaasut selkeyden vuoksi, mutta niihin ei perehdytä syvällisesti.

2 MIKÄ ON ATEX?

Kun ATEX-direktiivistä puhutaan, tarkoitetaan Euroopan unionin säätämiä direktiivejä (ATEX-direktiivi 94/9/EY), joilla on yhtenäistetty Euroopan maiden omia standardeja, jotka koskevat järjestelmien, laitteiden ja komponenttien ominaisuuksia, jotka suojaavat niitä räjähtämiseltä. Työntekijöiden suojaamiseksi on säädetty ATEX-direktiivi (1999/92/EY) joka määrittelee laitteiden käyttöä räjähdysvaarallisissa tiloissa. (Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset, Markku J.J Mäkinen s.53. (Atex-sivut-suomeksi 2014))

2.1 Atex merkinnät



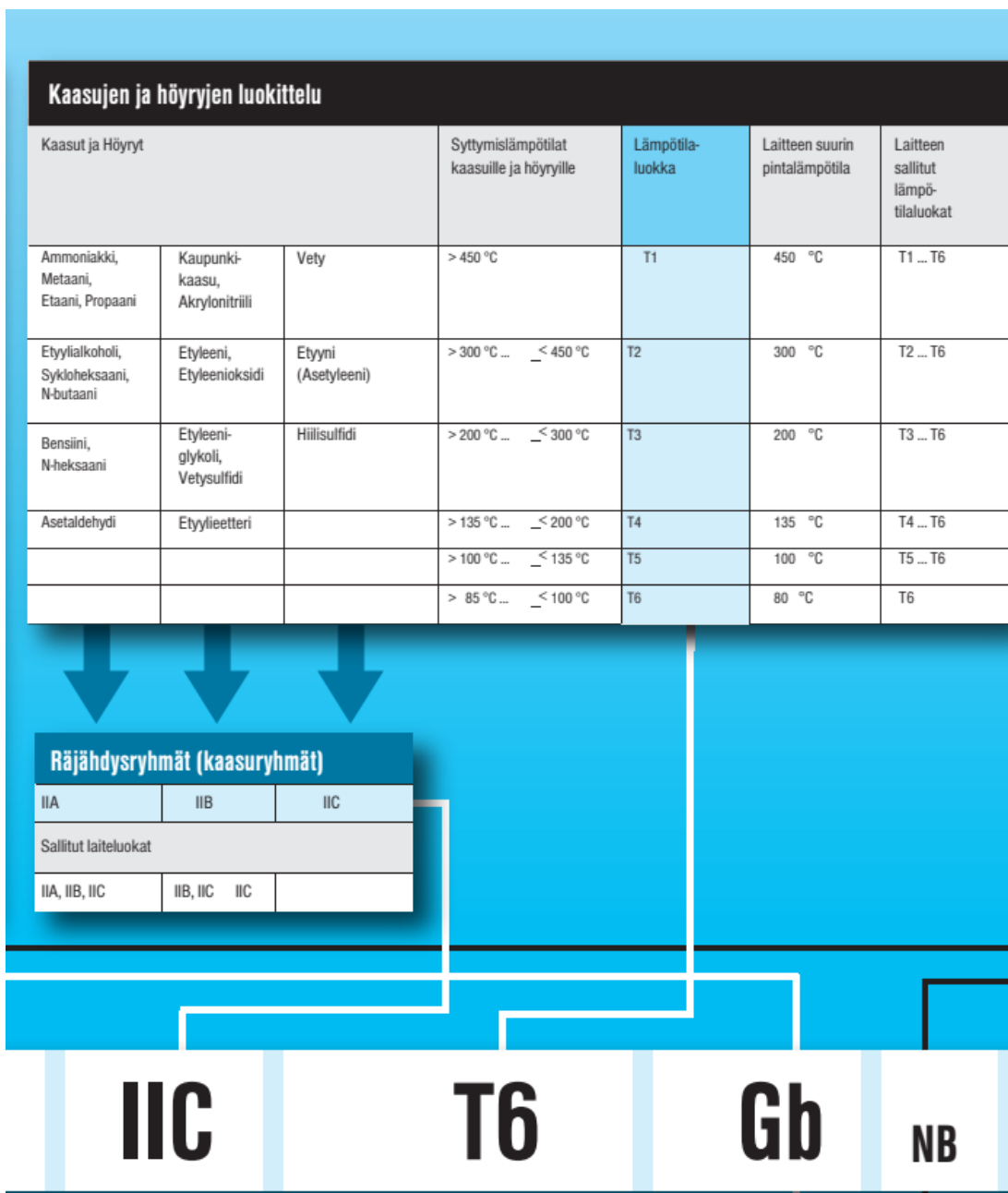
Kuva 1. Atex merkinnät (Työterveyslaitos 2019)

3 ATEX-RÄJÄHDYSVAARALLISEEN TILAAN TARKOITETTujen LAITTEIDEN MERKINNÄT

Laitteelle tai laitteille määritellään tilaluokka tai tilaluokat (kohta 2.4). ATEX-direktiivin(94/9/EC) mukaan laitteet jaetaan kahteen ryhmään, sen mukaan käytetäänkö niitä kaivoksissa (räjähdysryhmä I) vai muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa (rä-

jähdysryhmä II). Tässä opinnäytetyössä keskitytään räjähdysryhmän II laitteisiin. Laiteluokat jaetaan tilaluokkien mukaan siten, että mitä korkeampi räjähdysvaarallisen tilaluokan vaatimus on niin, sitä korkeampi on myös laiteluokan vaatimus (kohta 3.4). Laiteryhmät jaetaan kolmeen ryhmään I, II ja III (Kohta 3.5). Kaasuräjähdysryhmät jaetaan myöskin kolmeen ryhmään IIA, IIB ja IIC (Kuva 2) sen mukaan kuinka räjähdysherkkiä kaasut ja höyryt ovat. Pölyräjähdysryhmät ovat IIIA, IIIB ja IIIC. Kaasuilla ja höyryillä lämpötilaluokka jaetaan kuuteen ryhmään T1-T6 laitteen suurimman pintalämpötilan mukaan. Lisäksi on vielä 9 suojausrakennetta (Kohta 3.15) mitä voidaan käyttää räjähdysvaarallisissa tiloissa tilaluokat huomioon ottaen. Laitteiden merkintä suojaustason mukaan a = erittäin korkea suojaustaso, b = korkea suojaustaso ja c = parannettu suojaustaso. (Atexkoodit ja Extilat2014)

Aina heikompi suojaus on määräävä eli tiukemman suojauksen omaavia laitteita voi olla heikomman suojauksen omaavassa tilassa, mutta kevyemmän suojauksen omaavia laitteita ei voi olla tiukemman suojauksen tilassa.



Kuva 2. Kaasujen ja höyryjen luokittelu ja lämpötilaluokat (Atexkoodit ja Extilat2014)

3.1 Räjähdsvaaraton tila

Tila, jossa räjähdyskelpoista kaasuseosta ei ole odotettavissa siinä määrin, että laitteiden rakenteille, asennukselle ja käytölle olisi asetettava erityisvaatimuksia. (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.2)

3.2 Räjähdyksvaarallinen tila

Tila, jossa räjähdyskelpoista kaasuseosta on tai saattaa olla siinä määrin, että laitteiden rakenteille, asennukselle ja käytölle on asetettava erityisvaatimuksia. (SFS-EN-60079-14/s.23 3.2.1).

3.3 Räjähdyksvaaralliset tilaluokat

Tilat luokitellaan eri tilaluokkiin räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymistaajuuden ja kestoajan perusteella. (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.6)

Tilaluokka 0

”Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai toistuvasti.” (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.7)

Tilaluokka 1

”Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalikäytössä ajoittain.” (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.8)

Tilaluokka 2

”Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos ei todennäköisesti esiinny normaalikäytössä, mutta mikäli sellainen kuitenkin esiintyy, on sen esiintymisaika lyhyt.” (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.9)

Tilaluokka 20

”Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.” (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.10)

Tilaluokka 21

”Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnassa ajoittain.” (SFS-EN-60079-14/s.25 3.2.11)

Tilaluokka 22

”Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.” (SFS-EN-60079-14/s.25 3.2.12)

3.4 Hyväksytyt laiteluokat eri tilaluokkiin

TILALUOKAT	LAITELUOKAT
0	II 1 G
1	II 1 G, II 2 G
2	II 1G, II 2 G, II 3 G
20	II 1 D
21	II 1 D, II 2 D
22	II 1 D, II 2D, II 3 D

G = kaasu, höyry tai sumu, D = pöly

(ATEX-starttipaketti-2017)

3.5 Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteiden laiteryhmät

Ryhmä I

Ryhmän yksi sähkölaitteet ovat tarkoitettu kaivoskaasuille alttiisiin kaivoksiin. (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.3)

Ryhmä II

Ryhmän kaksi sähkölaitteet ovat tarkoitettuja muihin kuin kaivoskaasuille alttiisiin räjähdysvaarallisiin tiloihin. (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.3)

Ryhmä III

Ryhmän kolme sähkölaitteet ovat tarkoitettu pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin. (SFS-EN-60079-14/s.24 3.2.3)

3.6 Räjähdyssuojaustaso EPL

Laitteelle ilmoitettu suojaustaso, joka perustuu laitteen todennäköisyyteen muodostua syttymislähteeksi ja joka käsittelee erikseen räjähdyskelpoiset kaasuilmaseokset, räjähdyskelpoiset pölyilmaseokset ja kaivoskaasuille alttiiden kaivosten räjähdyskelpoiset ilmaseokset. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.26 3.33)

3.7 EPL Ma

Kaivoskaasujen altistamiin kaivoksiin tarkoitettu laite jolla on ”hyvin korkea” suojaustaso niin, ettei siitä riittävällä varmuudella tule syttymislähdettä normaalikäytössä eikä odotettavissa tai harvinaisissa toimintahäiriöissä, vaikka se on jätetty jännitteiseksi kaasupäästölle altistuneena. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.1)

3.8 EPL Mb

Kaivoskaasujen altistamiin kaivoksiin tarkoitettu laite, jolla on ”korkea” suojaustaso niin, ettei siitä riittävällä varmuudella tule syttymislähdettä normaalikäytössä eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä, sinä aikana, joka kuulu kaasupäästön alkamisesta laitteen kytkemiseen jännitteettömäksi. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.2)

3.9 EPL Ga

Kaasuräjähdyssvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite, jolla on ”hyvin korkea” suojaustaso niin, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä, eikä odotettavissa olevissa tai harvinaisissa toimintahäiriöissä. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.3)

3.10 EPL Gb

Kaasuräjähdyksvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite, jolla on ”korkea” suojaustaso niin, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä, eikä odotettavissa olevissa tai harvinaisissa toimintahäiriöissä. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.4)

3.11 EPL Gc

Kaasuräjähdyksvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite, jolla on ”korotettu” suojaustaso niin, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä, eikä mahdollisen lisäsuojauksen ansiosta ole syttymislähde säännöllisesti odotettavissa tapahtumissa esim. lampun vaurioituminen (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.5)

3.12 EPL Da

Pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite, jolla on ”hyvin korkea” suojaustaso niin, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä, eikä odotettavissa olevissa eikä harvinaisissa toimintahäiriöissä. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.6)

3.13 EPL Db

Pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite, jolla on ”korkea” suojaustaso niin, ettei se ole syttymislähde normaalissa käytössä, eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.7)

3.14 EPL Dc

Pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite, jolla on ”korotettu” suojaustaso niin, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä, eikä mahdollisen lisäsuojauksen ansiosta

ole syttymislähde säännöllisesti odotettavissa tapahtumissa esim. lampun vaurioituminen. (SFS-EN IEC 60079-0:2019/s.27 3.33.8)

3.15 Räjähdyssuojaurakenteet

Räjähdyssuorallisiin tiloihin tarkoitettujen sähkölaitteiden räjähdyssuojaurakenteet:

Exi = Luonnostaan vaaraton rakenne (Kohta 4)

Exd = Räjähdyssuoralliseen kestävä rakenne

Exe = Varmennettu rakenne

Ext = Koteloitu rakenne

Exo = Öljytäytteinen rakenne

Exp = Paineistettu rakenne

Exq = Jauhetäytteinen rakenne

Exm = Massavalurakenne

Exn = Vaihtoehtoinen suojaurakenne

(ATEXkoodit ja Ex-tilat 2014)

4 LUONNOSTAAN VAARATON PIIRI

Luonnostaan vaarattomassa piirissä (Exi) virtaa ja jännitettä rajoittamalla ei normaali-tilanteessa tai vikatilanteessa pääse muodostumaan räjähdyksen mahdollistavaa kipinää tai lämpötilaa.

4.1 Mikä on Exi-piiri?

Exi-piiriin kuuluvat tavallisimmin tehonlähde, kenttälaite ja kaapelit. Exi-laskentaohjelma on tehty yhdelle tehonlähteelle ja yhdelle kenttälaitteelle ja maksimissaan 4:lle eri kaapelille.

4.2 Liitännäislaite

Liitännäislaitteesta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä tehonlähdettä, joka syöttää piiriä. Tehonlähteestä voidaan käyttää myös nimityksiä ”barrier”, galvaaninen erotin” sekä ”ex-erotin”.

4.3 Kenttälaite

Kenttälaitteet muodostavat automaation alimman tason. Kenttälaitteet sijaitsevat prosessiympäristössä. Kenttälaitteita on erilaiset venttiilit millä ohjataan prosessia ja lähettimet millä mitataan eri suureita esim. lämpötila ja paine.

4.4 Kaapelit

Kaapeleilla yhdistetään kenttälaite ja tehonlähde toisiinsa. Exi-laskennassa täytyy ottaa huomioon kaapelin muodostama kapasitanssi, sekä induktanssi. Kaapelin kapasitanssi, sekä induktanssi riippuvat kaapelityypistä ja kaapelin pituudesta.

4.5 Luonnollisesti turvallisen piirin laskennat

Ensimmäiseksi määritellään Exi-piiriin kuuluvat laitteet. Tavallisimmin yksi tehonlähde, kenttälaitteet ja kaapelit. Laskennat aloitetaan ensin selvittämällä tehonlähteen ja kenttälaitteen jännite U , virta I ja teho P . Tarkoituksena on, että kenttälaitteen jännite U_i , virta I_i ja teho P_i ovat suurempia kuin tehonlähteen jännite U_o , virta I_o ja teho P_o . Tämän jälkeen selvitetään kenttälaitteen kapasitanssi C_i ja Induktanssi L_i ja tehonlähteen C_o ja L_o . Lisäksi täytyy selvittää kaapeleiden kapasitanssi C_c , induktanssi L_c ja kaapeleiden pituudet. Selvitettyjen arvojen perusteella tehdään yksinkertainen vertailu kenttälaitteen ja tehonlähteen välillä, jossa kenttälaitteen jännite U_i , virta I_i ja teho P_i pitää olla suurempia kuin tehonlähteen jännite U_o , virta I_o ja teho P_o .

Kenttälaitteen jännite U_i > tehonlähteen jännite U_o

Kenttälaitteen virta I_i > tehonlähteen virta I_o

Kenttälaitteen teho P_i > tehonlähteen teho P_o

Exi-piirin suojauksen toteutumisen laskennassa lasketaan ensiksi järjestelmän yhteenlaskettu kapasitanssi (C) ja induktanssi (L), jossa kaikkien piiriin liitettyjen laitteiden kapasitanssit (C) lasketaan yhteen ja seuraavaksi kaikki järjestelmään liitetyt induktanssit (L) yhteen.

$$C = C_i + (C_c * (\text{kaapelin1 pituus}) + (C_c * (\text{kaapelin2 pituus}) + (C_c * \text{kaapelin "n" pituus}).$$

$$L = L_i + (L_c * (\text{kaapelin1 pituus}) + (L_c * (\text{kaapelin2 pituus}) + (L_c * (\text{kaapelin "n" pituus}).$$

Laskuissa huomioitavaa, että kaapeleissa kapasitanssi ilmoitetaan usein nanofaradia/kilometri eli nF/km ja siksi kaapelin pituus tarvitsee jakaa 1000m, jotta kapasitanssin arvo saadaan muutettua nF/m, jotta arvoa voi helposti soveltaa myös lyhyemmille matkoille. Sama tilanne on kaapelin induktanssin kanssa. Yllä olevassa laskukaavassa esitetty kaapeli 1 pituus ja kaapeli 2 pituus, sekä kaapelin "n" pituus koska todellisuudessa kaapeleita voi olla useampia, kuten exi-laskenta työkalussa on mahdollista suorittaa laskeminen maksimissaan 4 kaapelilla, kuitenkin periaate on sama eli kapasitanssit lasketaan keskenään yhteen ja myös induktanssit lasketaan keskenään yhteen.

”Koko järjestelmän yhteenlasketun kapasitanssin C sekä induktanssin L tulee olla pienempi kuin tehonlähteen C ja L. Mikäli kaikkien liitettyjen laitteiden sekä tehollinen induktanssi ja kapasitanssi, ovat suurempia kuin 1 % vastaavista tehonlähteen L_o :n ja C_o :n arvoista, on L_o :n ja C_o :n arvot jaettava kahdella ja sallittujen kaapeliin induktanssin ja kapasitanssin arvot korjattava vastaavasti. Kuitenkin tämän säännön mukaan lasketun kaapelin ulkoinen kapasitanssi C_o on rajoitettava maksimissaan arvoon 1 μ F ryhmässä IIB ja arvoon 600 nF ryhmässä IIC.” (SFS-EN 60079-14)

5 ACCESS LASKENTAOHJELMA

Exi-piirin laskentaohjelman toteuttaminen aloitettiin valitsemalla ohjelma, jolla laskentaohjelma toteutettiin. Laskentaohjelman toteuttamiseksi valikoitui Microsoft Access tietokantaohjelma. Microsoft Access ohjelma valikoitui laskentaohjelman tekoon sen monipuolisuuden takia. Microsoft Accessissa on paljon valmiita ominaisuuksia, mitä pystyi hyödyntämään ohjelman teossa. Esimerkiksi Microsoft Accessissa on valmiina raporttityökalu, millä pystyimme tulostamaan raportin halutuista laskentaohjelman tuloksista.

5.1 Laskentaohjelman suunnittelu

Ohjelman tekeminen aloitettiin suunnittelupalaverilla, missä käytiin läpi laskentaohjelman tarpeet, mitä ohjelmassa tarvitaan ja mitä voi jättää pois. Tietokantaohjelmaa suunnitellessa täytyi miettiä, minkälaisia tietokantoja tarvitaan, mikä tieto on tärkeää ja mitä ei tarvita. Hyvän tietokannan lähtökohta on pitää tietokanta mahdollisimman yksinkertaisena käytettävyyden kärsimättä.

5.1.1 Laskentaohjelman etenemisen seurantalaveri

Laskentaohjelman etenemisen seurantalaverissa, kun ohjelman teko oli päässyt kunnon käyntiin, katsottiin tarvittavat tietokannat ja tietokantoihin liittyvät tarvittavat tiedot uudestaan ja mitä kehitysideoita laskentaohjelmaan on tullut tänä aikana. Päädymme siihen, että Exi-laskentatietokantaan tulee neljä taulua. Teholähde-, kenttälaite-, kaapeli- ja laskentataulut. Näihin sovimme tarvittavat tiedot. Päätimme myös sen, että ohjelma ei laske automaattisesti soveltuvatko piirin komponentit valittuun tilaluokkaan, räjähdysryhmään sekä lämpötilaluokkaan. Jos nämä toiminnallisuudet olisi otettu kokonaisuudessaan mukaan, se olisi tehnyt opinnäytetyöstä liian laajan. Päätimme tehdä ohjelmasta sellaisen, että ohjelmaa on myöhemmin helppo muokata ja laajentaa.

6 ACCESS TIETOKANTA

6.1 Teholähdetaulu

Teholähdetaulua käytetään teholähteiden tuotekirjaston hallintaan. Teholähdetaulusta haetaan tarvittavat tiedot laskentatauluun teholähdetunnisteen avulla. Teholähdetaulun sarakkeet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Teholähdetaulun sarakkeet

Sarakkeen nimi	Data tyyppi
Teholähde_Tunniste	AutoNumber
Valmistaja	Short Text
Malli	Short Text
Atex_todistus	Short Text
Suojausluokka	Short Text
Uo	Number
Io	Number
Po	Number
Co	Number
Lo	Number

6.2 Kenttälaitetaulu

Kenttälaitetaulua käytetään kenttälaitteiden tuotekirjaston hallintaan. Kenttälaitetaulusta haetaan tarvittavat tiedot laskentatauluun kenttälaitetunnisteen avulla. Teholähdetaulun sarakkeet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kenttälaitetaulun sarakkeet.

Sarakkeen nimi	Data tyyppi
Kenttälaitte_Tunniste	AutoNumber
Valmistaja	Short Text
Malli	Short Text
Atex_todistus	Short Text
Suojausluokka	Short Text

Sarakkeen nimi	Data tyyppi
Ui	Number
li	Number
Pi	Number
Ci	Number
Li	Number

6.3 Kaapelit-taulu

Kaapelit-taulua käytetään kaapeleiden tuotekirjaston hallintaan. Kaapelit-taulusta haetaan tarvittavat tiedot laskentatauluun kaapelitunnisteen avulla. Kaapelit-taulun sarakkeet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kaapelit-taulun sarakkeet.

Sarakkeen nimi	Data tyyppi
Kaapeli_Tunniste	Autonumber
Valmistaja	Short Text
Tyyppi	Short Text
C	Number
L	Number

6.4 Laskentataulu

Laskentataulua käytetään taulukoiden tietojen kokoamiseen ja laskujen suorittamiseen. Laskentataulussa on kaikkiaan 11 kappaletta sarakkeita, joihin tiedot lasketaan tietueen tiedoista ja tietueita voi olla ”n” kappaletta. Päädyimme tämän muotoiseen laskentatauluun, jotta siitä olisi mahdollisimman helppo muodostaa lomake, josta pystyy valitsemaan teholähteen, kenttälaitteen ja tarvittavat kaapelit tunnisteen perusteella. Laitteiden ja kaapeleiden tiedot ja laskenta-arvot lomakkeeseen päivittyvät valittujen laitteiden ja kaapeleiden mukaan ja halutuista arvoista voidaan tulostaa selkeä raportti kuvat 3 ja 4. Normaalisti tietokannoissa pyritään siihen, että sama tieto ei ole useassa paikassa. Laskentataulussa esiintyy sama tieto kuin teho-, kenttälaitte ja kaapelit taulussa. Laitteiden ja kaapeleiden omiin tauluihin jakamisen tarkoituksena on se, että käyttäjän on mahdollisimman helppo syöttää ja ottaa tietoa tauluista massana.

Myöskin se, että taulut ovat mahdollisimman selkeitä käyttäjälle, taulut sisältävät vain käyttäjän kannalta oleelliset tiedot sekä käyttäjän on mahdollisimman helppo hallita tuotekirjastoja. Taulukoissa 1, 2 ja 3 on esitetty tuotekirjastojen sarakkeet ja datatyypit ja taulukossa 4 on lisäksi esitetty selite, missä kerrotaan, kuinka tiedot sarakkeeseen muodostuu.

Taulukko 4. Laskentataulun sarakkeet.

Sarakkeen nimi	Data tyyppi	Selite
ID	Autonumber	Automaattinen
Projekti	Short Text	Syötettävä tieto
Positio	Short Text	Syötettävä tieto
Lisähuomautukset	Long Text	Syötettävä tieto
Huomautukset	Calculated	Automaattinen
Tilaluokka	Short Text	Valitaan alasvetovalikosta
Räjähdyssryhmä	Short Text	Valitaan alasvetovalikosta
Lämpötilaluokka	Short Text	Valitaan alasvetovalikosta
Teholähde_Tunniste	Number	Valitaan alasvetovalikosta
Teholähde_Valmistaja	Short Text	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Teholähde_Malli	Short Text	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Teholähde_Atex_todistus	Short Text	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Teholähde_Suojausluokka	Short Text	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Uo	Number	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Io	Number	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Po	Number	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Co	Number	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Lo	Number	Haetaan kyselyllä teholähdetaulusta
Kenttälaite_Tunniste	Number	Valitaan alasvetovalikosta
Kenttälaite_Valmistaja	Short Text	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Kenttälaite_Malli	Short Text	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Kenttälaite_Atex_todistus	Short Text	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Kenttälaite_Suojausluokka	Short Text	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Ui	Number	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Ii	Number	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Pi	Number	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Ci	Number	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Li	Number	Haetaan kyselyllä kenttälaitetaulusta
Kaapeli1_Tunniste	Number	Valitaan alasvetovalikosta
Kaapeli1_Valmistaja	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-taulusta
Kaapeli1_Tyyppi	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-taulusta
Kaapeli1_C	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-taulusta
Kaapeli1_L	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-taulusta
Kaapeli1_Pituus	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-taulusta

Sarakkeen nimi	Data tyyppi	Selite
Kaapeli2_Tunniste	Number	Valitaan alasvetovalikosta
Kaapeli2_Valmistaja	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli2_Tyyppi	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli2_C	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli2_L	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli2_Pituus	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli3_Tunniste	Number	Valitaan alasvetovalikosta
Kaapeli3_Valmistaja	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli3_Tyyppi	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli3_C	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli3_L	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli3_Pituus	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli4_Tunniste	Number	Valitaan alasvetovalikosta
Kaapeli4_Valmistaja	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli4_Tyyppi	Short Text	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli4_C	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli4_L	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Kaapeli4_Pituus	Number	Haetaan kyselyllä kaapelit-aulusta
Hyvaksytytty_U	Calculated	Lasketaan
Hyvaksytytty_I	Calculated	Lasketaan
Hyvaksytytty_P	Calculated	Lasketaan
Hyvaksytytty_C	Calculated	Lasketaan
Hyvaksytytty_L	Calculated	Lasketaan
Laskettu_C	Calculated	Lasketaan
Laskettu_L	Calculated	Lasketaan
Sallittu_C	Calculated	Lasketaan
Sallittu_L	Calculated	Lasketaan
Laskettu_C_Kaapeli	Calculated	Lasketaan
Laskettu_L_Kaapeli	Calculated	Lasketaan

7 EXI-LASKENTATYÖKALU

Tietokanta koostuu edellä mainituista ja esitellyistä neljästä taulusta, joista kolme ensimmäistä ovat tiedonkeruutauluja kuten tehonlähde-, kenttälaitte ja kaapelit-taulu. Näihin kolmeen tauluun käyttäjä syöttää tietoa ja tiedot päivitetään sieltä laskennat tauluun. Laskennat taulussa on samat sarakkeet, kuten tehonlähde-, kenttälaitte ja kaapelit-taulussa ja lisäksi hyväksytytty jännite U, hyväksytytty virta I ja hyväksytytty teho P.

Laskentataulun sarakkeissa hyväksyty jännite U , hyväksyty virta I ja hyväksyty teho P suoritetaan tehonlähteen ja kenttälaitteen vertailu. Kuvassa 3 Exi-piirin laskentalomakkeessa kohdasta suojauksen toteutuminen nähdään vertailu ja se, että vertailu on hyväksyty. Jos vertailu on hyväksyty, niin tulokseksi tulee kyllä ja jos vertailu ei ole hyväksyty tulee ei. Kuvassa 3 kohdassa suojauksen toteutumisessa näkyy tilanne, kun suojauksen toteutuminen ei ole hyväksyty. Samalla periaatteella toimii hyväksyty kapasitanssi C ja hyväksyty induktanssi L eli vertailemalla järjestelmän sallittua kapasitanssia C , joka on järjestelmän suurin mahdollinen kapasitanssi, järjestelmän laskettuun kapasitanssiin C ja sallittua induktanssia L , joka on järjestelmän suurin mahdollinen induktanssi, järjestelmän laskettuun induktanssiin L . Kuvassa 3 kohdassa suojauksen toteutuminen nähdään, että järjestelmän suurin sallittu kapasitanssi C ja induktanssi L ovat puolet tehonlähteen kapasitanssista C_0 ja induktanssista L_0 eli standardin mukaan tehonlähteen arvot on jaettu kahdella. Järjestelmän suurin mahdollinen kapasitanssi ja induktanssi on määritelty standardissa seuraavasti:

Mikäli kaikkien liitettyjen laitteiden sekä tehollinen induktanssi ja kapasitanssi ovat suurempia kuin 1 % vastaavista tehonlähteen L_0 :n ja C_0 :n arvoista, on L_0 :n ja C_0 :n arvot jaettava kahdella ja sallittujen kaapeliin induktanssin ja kapasitanssin arvot korjattava vastaavasti (SFS-EN-60074-14).

Laskennat taulussa on sarakkeina vielä laskettu kapasitanssi C ja laskettu induktanssi L . Lasketuissa kapasitanssissa C ja induktanssissa L lasketaan Exi-piirin todellinen kapasitanssi C ja induktanssi L . Viimeisenä laskennat taulussa on myös laskettu pelkien kaapelien kapasitanssi C_c ja induktanssi L_c , jotka näkyvät kuvassa 3 kohdassa kaapelit ja siellä kohdassa yhteensä. Exi-piirin suojaus toteutuu silloin, kun kuvan 3 mukaisesti Exi-piirin laskentalomakkeen kohdassa, suojauksen toteutuminen, hyväksyty kohdassa kaikissa viidessä kohdassa lukee kyllä. Kuvassa 4 Exi-piirin laskentalomakkeen kaapelit kohdassa on laitettu havainnollistamaan, miten kaapelin pituus vaikuttaa, jos piirin kapasitanssi olisi muuten sallituissa rajoissa. Kaapelin pituus on tässä havainnollistuksessa laitettu 1000m, mikä nostaa kaapelin kapasitanssin yli sallitun rajan ja sen tähden järjestelmän laskettu kapasitanssi C ei ole hyväksyty, joten hyväksyty kohdassa on ei. Samoin tehonlähteen ja kenttälaitteen vertailussa kohdassa virta I on ei, koska tehonlähteen virta I on suurempi kuin kenttälaitteen virta I . Kuvassa 4 ei ole puolitettu tehonlähteen kapasitanssia C eikä induktanssia L , koska standardin

SFS-EN-60074-14 mukaiset puolituskriteerit eivät täyty. Exi-laskentaohjelma huomioi tämän siten, että vertaamalla kuvan 3 ja kuvan 4 Exi-laskentalomakkeiden kohtia huomautukset niin huomautuskenttään tulee huomautus puolituksen tekemisestä, jos puolitusta ei ole tehty niin huomautusta ei tule.

Exi-piirin laskentalomake

Positio	XYV-16			Tilaluokka	2
				Räjähdyksryhmä	IIC
				Lämpötilaluokka	T5
TEHOLÄHDE			KENTTÄLAITE		
Valmistaja	Pepper+Fuchs			Valmistaja	Metso
Malli	KFD2-SCD2-Ex2.LK			Malli	VG9....HX1
Atex-todistus	CESI 06 ATEX 021			Atex-todistus	DEKRA 11ATEX0024 X
Suojausluokka	[Ex ia Ga] IIC			Suojausluokka	ATEX II 1/2G Ex ia IIC T4...T6
Uo	25 V			Ui	28 V
Io	93 mA			Ii	120 mA
Po	585 mW			Pi	1000 mW
Co	107 nF			Ci	9,6 nF
Lo	4,3 mH			Li	0,053 mH
KAAPELIT					
VALMISTAJA	TYYPPI	C nF/km	L mH/km	PITUUS m	
Prysmian	JAMAK 2x(2+1)x0,5	85	0,7	186	
Prysmian	Nomak 2x1,5+2,5	122	0,59	40	
		0	0	0	
		0	0	0	
	YHTEENSÄ	20,69 nF	0,1538 mH		
SUOJAUKSEN TOTEUTUMINEN					
	Teholähteen arvot	Kenttälaitteen arvot	Hyväksytty		
Jännite (U)	25 V	28 V	KYLLÄ		
Virta (I)	93 mA	120 mA	KYLLÄ		
Teho (P)	585 mW	1000 mW	KYLLÄ		
	Järjestelmä sallittu	Järjestelmä laskettu	Hyväksytty		
Kapasitanssi (C)	53,5 nF	30,29 nF	KYLLÄ		
Induktanssi (L)	2,15 mH	0,2068 mH	KYLLÄ		
HUOMAUTUKSET					
Liitettyjen laitteiden sekä tehollinen induktanssi, että kapasitanssi ovat suurempi kuin 1% vastaavista tehonlähteen Lo:n ja Co:n arvoista, joten tehonlähteen Lo:n ja Co:n arvot on puolitettu SFS-EN 60079-14 kohdan 16.2.4.3 mukaisesti					

Kuva 3. Exi-piirin laskentalomake.

Exi-piirin laskentalomake

Positio XYV-16	Tilaluokka 2 Räjähdyssryhmä IIC Lämpötilaluokka T5																														
TEHOLÄHDE Valmistaja Pepper+Fuchs Malli KFD2-SCD2-Ex2.LK Atex-todistus CESI 06 ATEX 021 Suojausluokka [Ex ia Ga] IIC Uo 25 V Io 93 mA Po 585 mW Co 107 nF Lo 4,3 mH	KENTÄLAITE Valmistaja Metso Malli VG9....HX1 Atex-todistus DEKRA 11ATEX0024 X Suojausluokka ATEX II 1/2G Ex ia IIC T4...T6 Ui 28 V Ii 90 mA Pi 1000 mW Ci 9,6 nF Li 0,033 mH																														
KAAPELIT <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">VALMISTAJA</th> <th style="text-align: left;">TYYPPI</th> <th style="text-align: left;">C nF/km</th> <th style="text-align: left;">L mH/km</th> <th style="text-align: left;">PITUUS m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prysmian</td> <td>JAMAK 2x(2+1)x0,5</td> <td style="text-align: right;">85</td> <td style="text-align: right;">0,7</td> <td style="text-align: right;">186</td> </tr> <tr> <td>Prysmian</td> <td>Nomak 2x1,5+2,5</td> <td style="text-align: right;">122</td> <td style="text-align: right;">0,59</td> <td style="text-align: right;">40</td> </tr> <tr> <td>Prysmian</td> <td>JAMAK 2x(2+1)x0,5</td> <td style="text-align: right;">85</td> <td style="text-align: right;">0,7</td> <td style="text-align: right;">1000</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">0</td> <td style="text-align: right;">0</td> <td style="text-align: right;">0</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">YHTEENSÄ</td> <td style="text-align: right;">105,69 nF</td> <td style="text-align: right;">0,8538 mH</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		VALMISTAJA	TYYPPI	C nF/km	L mH/km	PITUUS m	Prysmian	JAMAK 2x(2+1)x0,5	85	0,7	186	Prysmian	Nomak 2x1,5+2,5	122	0,59	40	Prysmian	JAMAK 2x(2+1)x0,5	85	0,7	1000			0	0	0	YHTEENSÄ		105,69 nF	0,8538 mH	
VALMISTAJA	TYYPPI	C nF/km	L mH/km	PITUUS m																											
Prysmian	JAMAK 2x(2+1)x0,5	85	0,7	186																											
Prysmian	Nomak 2x1,5+2,5	122	0,59	40																											
Prysmian	JAMAK 2x(2+1)x0,5	85	0,7	1000																											
		0	0	0																											
YHTEENSÄ		105,69 nF	0,8538 mH																												
SUOJAUKSEN TOTEUTUMINEN <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: left;">Teholähteen arvot</th> <th style="text-align: left;">Kentälaitteen arvot</th> <th style="text-align: left;">Hyväksytyt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jännite (U)</td> <td style="text-align: right;">25 V</td> <td style="text-align: right;">28 V</td> <td style="text-align: center;">KYLLÄ</td> </tr> <tr> <td>Virta (I)</td> <td style="text-align: right;">93 mA</td> <td style="text-align: right;">90 mA</td> <td style="text-align: center;">EI</td> </tr> <tr> <td>Teho (P)</td> <td style="text-align: right;">585 mW</td> <td style="text-align: right;">1000 mW</td> <td style="text-align: center;">KYLLÄ</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: left;">Järjestelmä sallittu</td> <td style="text-align: left;">Järjestelmä laskettu</td> <td style="text-align: center;">Hyväksytyt</td> </tr> <tr> <td>Kapasitanssi (C)</td> <td style="text-align: right;">107 nF</td> <td style="text-align: right;">115,29 nF</td> <td style="text-align: center;">EI</td> </tr> <tr> <td>Induktanssi (L)</td> <td style="text-align: right;">4,3 mH</td> <td style="text-align: right;">0,8868 mH</td> <td style="text-align: center;">KYLLÄ</td> </tr> </tbody> </table>			Teholähteen arvot	Kentälaitteen arvot	Hyväksytyt	Jännite (U)	25 V	28 V	KYLLÄ	Virta (I)	93 mA	90 mA	EI	Teho (P)	585 mW	1000 mW	KYLLÄ		Järjestelmä sallittu	Järjestelmä laskettu	Hyväksytyt	Kapasitanssi (C)	107 nF	115,29 nF	EI	Induktanssi (L)	4,3 mH	0,8868 mH	KYLLÄ		
	Teholähteen arvot	Kentälaitteen arvot	Hyväksytyt																												
Jännite (U)	25 V	28 V	KYLLÄ																												
Virta (I)	93 mA	90 mA	EI																												
Teho (P)	585 mW	1000 mW	KYLLÄ																												
	Järjestelmä sallittu	Järjestelmä laskettu	Hyväksytyt																												
Kapasitanssi (C)	107 nF	115,29 nF	EI																												
Induktanssi (L)	4,3 mH	0,8868 mH	KYLLÄ																												
HUOMAUTUKSET <div style="height: 100px;"></div>																															

Kuva 4. Exi-laskentalomake.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyö vaikutti alussa todella haasteelliselta johtuen siitä, että Exi-piirien laskenta ja ATEX direktiivit eivät olleet entuudestaan tuttuja. Access-tietokantaohjelmaa olin käyttänyt sen mitä peruskurssilla käytettiin. Toisaalta olen aina ollut kiinnostunut haasteista ja uusien asioiden oppimisesta ja nyt sellainen tilaisuus tarjoutui opinnäytetyön muodossa. Exi-laskentaohjelma saatiin valmiiksi siinä laajuudessa, kun se opinnäytetyön aika- ja laajuusraameihin sopi. Alun suunnitelmista täytyi rajata pois tarkempi ATEX-direktiivien käsittely ja automaattinen Exi-suojauksen minimivaatimuksen määrittely. Jos nämä aiheet olisi ottanut mukaan täydessä laajuudessa, niin opinnäytetyöstä olisi tullut todella laaja ja laajuudesta johtuen aika ei olisi riittänyt kaiken tekemiseen. Keskityimme tekemään selkeän ja toimivan Exi-laskentaohjelman.

8.1 Haasteet

Suurimmat haasteet olivat Access tietokantaohjelman toiminnallisuuden saaminen halutunlaiseksi ja se, että lopputulos olisi selkeä käyttäjälle ja myös halutunlainen. Aluksi täytyi opetella käyttämään Accessin lukuisia ominaisuuksia ja tutustua niihin hyvin, jotta niistä oli hyötyä Exi-laskentaohjelman tekemisessä. Lisäksi pääsin tutustumaan Structured Query Language (SQL) ja Visual Basic for Applications (VBA) kieliin. Ainoastaan SQL-kielen kanssa olen ollut tekemisissä, mutta VBA-kielestä ei minulla ollut aikaisempaa kokemusta, mitkä toivat omia haasteita.

8.2 Tulokset

Haasteista huolimatta olen lopputulokseen erittäin tyytyväinen. Toiminnallisuuden oikea toiminta ja selkeän raportin aikaansaaminen tuloksista ja tuloksien oikeellisuus oli tärkeimmät tavoitteet ja niissä onnistuin mielestäni hyvin. Aikaisemmin esitellyistä kuvista 3 ja 4 näkee Exi-laskentaruportin lopputuloksen ja tulokset mitä Exi-laskentaohjelma raporttiin laskee. Exi-laskentaohjelman toiminnallisuuden kehittämistä on tarkoitus jatkaa. Mahdollisia kehityskohteita on paljon, esimerkiksi automaattinen tilaluokan, räjähdysryhmän sekä lämpötilaluokan valinta. Ohjelma otetaan käyttöön, kun meneillään olevissa projekteissa aloitetaan Exi-laskennat.

LÄHTEET

Työterveyslaitos 2019. ttl.fi. Viitattu 5.11.2019 (<https://www.ttl.fi/vesihuoltolaitosten-tyoturvallisuus-opas/riskien-tunnistus-ja-hallintakeinot/tapaturmavaaralliset-tyot/rajahdysvaaralliset-tilat/>)

SFS-EN-60074. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 14. Helsinki: SFS. Viitattu 6.11.2019. EN SFS-EN-60074-14 Kohta: 16.2.4.3 Exi-piiri, jossa vain yksi tehonlähde.

ATEX-starttipaketti-2017 Viitattu 1.10.2019 (<https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-starttipaketti-2017.pdf/b440ed57-218e-4eda-a5b9-42df468e0b5f/ATEX-starttipaketti-2017.pdf.pdf>)

Atexkoodit ja Extilat 2014. Viitattu 5.10.2019 (https://dio.fi/wp-content/uploads/2014/10/atexkoodit_extilat.pdf)

Atex-sivut-suomeksi 2014. Viitattu 3.10.2019(<https://www.atmarine.fi/wp-content/uploads/2014/02/atex-sivut-suomeksi.pdf>)

SFS-EN IEC 60079. Räjähdyksivaaralliset tilat Osa 0. Helsinki:SFS. Viitattu 15.10.2019. SFS-EN IEC 60079-0:2019 Kohta 33.3 Räjähdyssuojaustaso EPL.