



EXD- ja EXI-räjähdyssuojausra- kenteiden erot ja vaikutukset instrumentointisuunnitteluun

Eemil Koso

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio

KOSO, EEMIL:

EXD- ja EXI-räjähdyssuojusrakenteiden erot ja vaikutukset instrumentointisuunnitteluun

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Marraskuu 2021

Työssä tarkasteltiin räjähdysvaarallisia tiloja ja niiden standardeja ja selvitettiin instrumentoinnissa yleisesti käytettyjen räjähdysuojusrakenteiden EXD ja EXI erot sekä vaikutukset instrumentointisuunnitteluun. Instrumentit ovat sähköisiä tai mekaanisia laitteita, joiden avulla mitataan, ohjataan ja säädetään prosesseja. Yleisimmin näille käytetyt räjähdysuojusrakenteet ovat räjähdyspaineenkestävä rakenne EXD ja luonnostaan vaaraton rakenne EXI. EXD-rakenteen räjähdysuojaus perustuu mekaanisesti lujaan suojakoteloon ja EXI-rakenteella sähköenergian rajoitukseen.

Instrumenttien turvallisuus ja niiden turvallinen käyttäminen ovat suunnittelutyön tärkeimmät vaatimukset. Tässä tapauksessa kysymyksessä on kemianteollisuuden prosessilaitteistojen instrumentointisuunnittelu. Suunnittelijan on tunnettava prosessi ja tiedettävä lakien, määräysten ja asetusten vaatimukset sekä osattava huomioida ne suunnittelutyössä. Instrumenttien turvallisuusvaatimukset perustuvat Euroopan Unionin ATEX-direktiiveihin. Koska aihealueen määräyksiä, lakeja ja standardeja on kymmeniä, on instrumentointisuunnitteluun vaikuttavien ohjeistuksien etsiminen työlästä. Näiden tilojen instrumentointisuunnittelijalta vaaditaan pätevyyttä ja kymmenien aihealuetta käsittelevien standardien hallintaa. Suunnitteluprosessin oikeellisuuden ja tehokkuuden edistämiseksi luotiin AFRY Finland Oy:lle ja yhteistyökumppanille Borealis Polymers Oy:lle yleisohjeistus räjähdysvaarallisten tilojen instrumentointisuunnittelun tueksi. Luottamuksellisista syistä ohjeistusta ei julkaista opinnäytetyön yhteydessä.

EXD- ja EXI-rakenteiden eroja ja vaikutuksia tutkittiin standardien ja Borealikselle tehdyn suunnittelutyön perusteella. Rakenteiden erot ja vaikutusten määrä instrumentointiin riippuu täysin räjähdysuojusrakenteen toimintaperiaatteesta. Suunnittelun näkökulmasta EXD on yksinkertaisempi ratkaisu, sillä tämä rakenne ei vaadi juurikaan erityistoimenpiteitä turvallisuuden takaamiseksi.

Yleisohjeistuksen sisällöstä kerättiin kommentteja ja kehitysehdotuksia AFRY:n ja Borealiksien suunnittelijoilta. Saatujen kommenttien perusteella voidaan todeta, että ohjeistuksen tavoitteet saavutettiin, mutta turvallisuuden ja suunnittelutyön laadun tehostamisen kannalta ohjeistusta tulee kehittää edelleen. Erityisen tärkeää on myös jalostaa suunnittelutyön tilaajien ja toimittajien välistä pitkäjänteistä yhteistyötä, sillä tällöin suunnittelija oppii tuntemaan prosessit ja niiden vaatimukset paremmin, jolloin työn laatu ja laiteturvallisuus paranevat.

Asiasanat: instrumentointisuunnittelu, räjähdysvaaralliset tilat, exd, exi

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

KOSO, EEMIL:

Differences Between EXD and EXI Explosion Protection Types and Their Effect on Instrumentation Design

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 5 pages
November 2021

The purpose of this thesis was to investigate standards of hazardous areas and examine differences between EXD and EXI explosion protection structures and their effects on instrumentation. Instruments are electrical or mechanical devices designed to measure, regulate and control processes. The purpose of explosion protection structures is to secure safety and prevent instruments from becoming sources of detonations. The fundamental idea of the EXD lies in its mechanically strong enclosure and EXI's in inhabitation of electrical energy.

The protection and safe use of the instruments are the fundamentals of instrumentation. In this case we are talking about instrumentation of process equipment in the chemical industry. Instrumentation of hazardous areas, designers must be aware of laws, specifications and requirements, and know the process thoroughly. Safety regulations of hazardous areas and devices in them are based on European Union's ATEX directives. Because there are dozens of specifications, laws, and standards in this field, it is laborious to search instructions for instrumentation. To secure correctness and efficiency of the instrumentation design process, general instructions were created for AFRY Finland Oy and cooperation partner Borealis Polymers Oy. Due to reasons of confidentiality, the instruction manual is not included and published with this thesis.

This study was based on standards and the instrumentation design work done for the new Borealis product line. Differences between EXD and EXI as well as the amount of specifications depends fully on the fundamental principle of the explosion protection structure. From instrumentation point of view, EXD is simpler to design, because this structure does not require special measures to secure safety like EXI does.

The general instruction manual was tested and commented by instrumentation experts from AFRY and Borealis to ensure correctness and effectiveness, and to improve it further. Based on comments, it can be stated that, objectives of instruction were achieved, but to improve quality, safety and effortlessness of instrumentation design in hazardous areas, the instruction should be developed further. It is also very important to refine design offices and long-term co-operation with customers in design processes. Then the designer can take into account the processes and their requirements even better. Also, then safety and the best result will be achieved.

Key words: instrumentation, hazardous areas, exd, exi

SISÄLLYS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | PROSESSIAUTOMAATIO JA INSTRUMENTOINTI | 8 |
| | 2.1 Prosessiautomaatiojärjestelmän rakenne..... | 8 |
| | 2.2 Automaatiojärjestelmien instrumentointisuunnittelu | 9 |
| 3 | RÄJÄHDYSSVAARALLISET TILAT | 11 |
| | 3.1 ATEX-direktiivit..... | 12 |
| | 3.2 Räjähdyksen määritelmä..... | 13 |
| | 3.3 Tilaluokat..... | 14 |
| | 3.4 Ex-laitteet ja niiden luokittelu..... | 17 |
| | 3.5 Räjähdyssuojausasiakirja..... | 23 |
| 4 | EXD- JA EXI-RÄJÄHDYSSUOJAUSRAKENTEET | 24 |
| | 4.1 EXD – Räjähdyssuorakenteen kestävä..... | 24 |
| | 4.2 EXI – Luonnostaan vaaraton..... | 25 |
| | 4.2.1 Liitännäislaitteet..... | 27 |
| | 4.2.2 Yksinkertaiset laitteet..... | 27 |
| | 4.2.3 EXI-varmuuslaskenta | 29 |
| 5 | EXD JA EXI INSTRUMENTOINTISUUNNITTELUSSA | 32 |
| | 5.1 Tuotantolinjan uusien instrumenttien räjähdysuorakenteet .. | 32 |
| | 5.2 EXD:n ja EXI:n hyvät ja huonot puolet | 34 |
| 6 | POHDINTA | 37 |
| | 6.1 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset | 38 |
| | LÄHTEET | 40 |
| | LIITTEET..... | 42 |
| | Liite 1. Yleisohjeistus | 42 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|----------|---|
| EX | Explosive, räjähtävä |
| EX-tila | Räjähdysvaarallinen tila |
| EX-laite | Räjähdysvaarallisen tilan laite |
| EXI | Intrinsically Safety, luonnostaan vaaraton |
| EXD | Flameproof enclosure, räjähdyspaineen kestävä |
| EPL | Explosion protection level, räjähdysuojaustaso |
| LEL | Lower Explosion Level, alempi räjähdysraja |
| MESG | Maximum Experimental Safety Gap, suurin kokeellinen turvarako |
| MIC | Minimum Ignition Current, pienin syttymisvirta |
| NFL | New Legislative Framework, uusi lainsäädäntökehys |
| PCS | Process Control System, prosessin ohjausjärjestelmä |
| SFS | Suomen Standardisoimisliitto |
| UEL | Upper Explosion Level, ylempi räjähdysraja |

1 JOHDANTO

Prosessiautomaation yleistyminen, teollisen internetin mahdollisuuksien käyttö ja yhä kasvava digitalisaatio aiheuttavat suunnittelutyölle yhä suurempia ja tarkempia vaatimuksia. Lait, säädökset, asetukset, direktiivit ja standardit ohjaavat tarkasti räjähdysvaarallisten tilojen automaatio- ja instrumentointisuunnittelua päämääränään toimivat kokonaisuudet ja turvallisuuden parantaminen.

Eräänä esimerkkinä vaatimuksista on räjähdysvaarallisten prosessien instrumentointisuunnittelu ja toteutus. Prosessialue saattaa olla luokiteltu räjähdysvaaralliseksi tilaksi, jolloin sen laitteilta vaaditaan erityisiä räjähdysuojusrakenteita ja muita ominaisuuksia turvallisuuden takaamiseksi. Räjähdysvaara syntyy, kun happi, palava-aine ja syttymislähde (tässä tapauksessa instrumentti) esiintyvät suljetussa tilassa samanaikaisesti. Näin ollen laitteille on kehitetty räjähdysuojausmenetelmiä, jolla pyritään ensisijaisesti eliminoimaan räjähdysten mahdollisuus, sillä yhden näistä kolmesta räjähdysten mahdollistavan elementin puuttuessa räjähdysvaaraa ei aiheudu.

Yleisimmät instrumentoinnissa käytetyt räjähdysuojusrakenteet ovat räjähdyspaineenkestävä rakenne EXD ja luonnostaan vaaraton matalaenerginen rakenne EXI, joiden käyttö perustuu räjähdysvaarallisia tiloja ja sen laitteita sääteleviin standardeihin. Räjähdysuojusrakenteet jaetaan laitteen toimintaperiaatteen mukaan kahteen kategoriaan: sähkö- ja mekaanisiin laitteisiin. Tässä työssä käsitellään sähkölaitteiden EXD- ja EXI-rakenteita. Muut sähkölaitteiden suojausrakenteet ovat pääosin kytkentäperiaatteeltaan rinnastettavissa EXD-toteutukseen. Standardit perustuvat Euroopan Unionin ATEX-laitedirektiiviin 2014/34/EU ja ATEX-työolosuhdedirektiiviin 1999/92/EY. Direktiivien ensisijaisena tarkoituksena on varmistaa työntekijöiden terveys ja turvallisuus.

Räjähdyspaineen kestävä rakenteesta käytetään nimeä EXD ja sen suojausperiaate perustuu mekaanisesti lujaan sähkölaitetta ympäröivään suojakoteloon. Suojakotelon materiaalina käytetään valualumiinia tai terästä, sillä kotelon täytyy kestää sen sisällä tapahtuvan räjähdysten aiheuttama paine. EXD-rakennetta

käytetään useasti esimerkiksi sähkömoottoreilla. Luonnostaan vaarattomasta rakenteesta käytetään nimeä EXI. Tämä rakenne on tyypillinen mittaus- ja merkinantolaitteilla, sillä sen räjähdysuojaus perustuu laitteen ja siihen liitettävien laitteiden kokonais sähköenergian rajoittamiseen. Kokonaisenergia määrä rajoitetaan niin alhaiseksi, että räjähdystä ei voi syntyä.

Aihe alue on laaja ja sitä käsitteleviä lakeja, asetuksia, direktiivejä ja standardeja on kymmeniä. Turvallisen instrumentoinnin takaamiseksi, suunnittelijalta edellytetään pätevyyttä aihealueen määräyksistä ja lainalaisuuksista.

Työn tarkoituksena on selvittää räjähdyspaineenkestävän rakenteen EXD ja luonnostaan vaarattoman rakenteen EXI erot ja vaikutukset instrumentointisuunnitteluun. Tarkastelu pohjautuu yleisiin standardeihin ja Borealis Polymers Oy:n AFRY:ltä tilaaman uuden tuotantolinjan prosessien instrumentointisuunnittelutyöhön. Tavoitteena on muodostaa yleisohjeistus aihetta käsittelevistä standardeista ja instrumentointisuunnitteluun vaikuttavista seikoista.

AFRY on monikansallinen suunnittelu- ja konsultointialan yritys, jolla on viisi eri toimialasektoria, joista neljä toimii Suomessa: prosessiteollisuus, energia, rakennettu ympäristö ja liikkeenjohdon konsultointi. Maailmanlaajuisesti AFRY työllistää noin 16 000 henkilöä, joista Suomessa työskentelee 2 300 henkilöä. (AFRY Finland Oy 2021.)

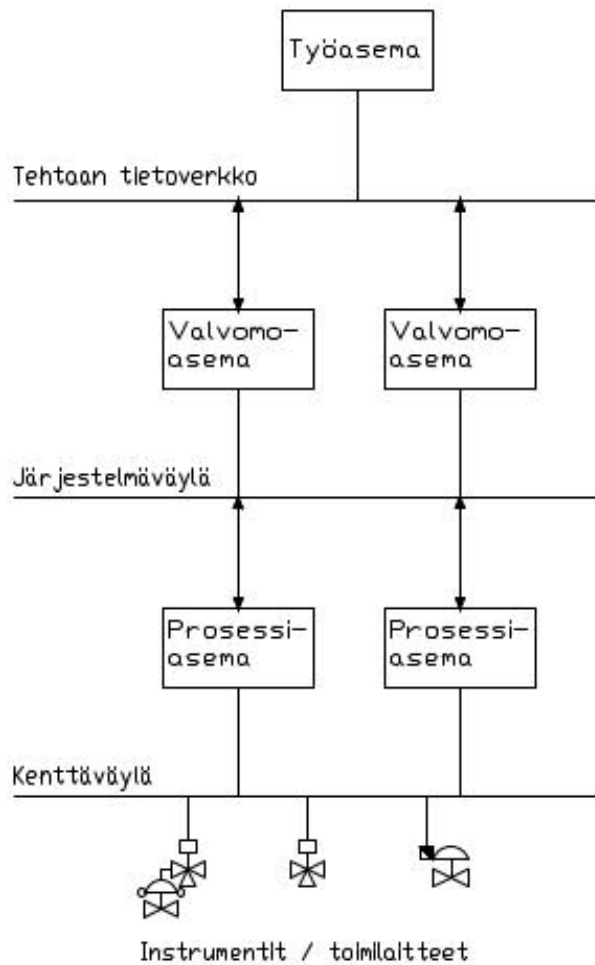
Borealis Polymers Oy on osa kansainvälistä Borealis-konsernia. Yhtiö perustettiin vuonna 1994, kun Neste ja Statoil fuusioivat petrokemian- ja polyolefiinituotantonsa. Pääkonttori sijaitsee Itävallan Wienissä. Yrityksen omistaa abudhabilainen investointiyhtiö Mubadala ja itävaltalainen öljy- ja kaasuyhtiö OMV. (Borealis Polymers Oy 2021.)

2 PROSESSIAUTOMAATIO JA INSTRUMENTOINTI

2.1 Prosessiautomaatiojärjestelmän rakenne

Prosessiteollisuuden automaatio perustuu prosessista kerättävään mittaustietoon, jonka avulla säädetään prosessia haluttuun tilaan. Yleensä säätö perustuu mittaussignaalin takaisinkytkentään, jossa mittaussignaalia verrataan vertailusignaaliin. Vertailu- ja mittaussignaalin välistä erotusta kutsutaan erosuureeksi, jota käytetään säätöalgoritmilla laskettaessa toimilaitteelle uutta ohjaussignaalia. Tämän avulla mittaus ja siihen perustuva säätö voidaan pitää mahdollisimman lähellä vertailusignaalia. (Kippo & Tikka, 2008.)

Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettu rakenne prosessiautomaatiojärjestelmästä. Se koostuu instrumenteista, väylistä, prosessiasemista sekä useasta eritehtäviin määrätystä tietokoneista, joiden kommunikointi keskenään on mahdollista väylien avulla. Väylää käytetään tiedonsiirtoon. Prosessin mittalaitteet koostuvat anturista ja mittalähettimestä. Mittalähetin muuntaa anturin (tuntoelimen) mittausviestin paremmin siirrettävään muotoon, kuten esimerkiksi usein käytettyyn analogiseen tai binääriseen viestiin. Prosessia mittaavat instrumentit lähettävät jatkuvasti tietoa automaatiojärjestelmään, josta prosessia ohjataan toimilaitteiden avulla. Toimilaitteet kuuluvat toimiyksikköön, joka koostuu toimilaitteesta ja toimielimestä. Ohjausjärjestelmästä tulevilla käskyillä esimerkiksi ohjataan lämmitysvastukset päälle tai avataan venttiili, jotta putken sisäinen virtaus saadaan suuremmaksi. Kenttälaitteet ovat nykyään varustettuja mikroprosessoreilla, joiden avulla ne voivat kommunikoida suoraan keskenään sekä muiden järjestelmän laitteiden kanssa kenttäväylän avulla. Prosessiautomaatioasemat (*Process Control Station*) ovat tietokoneita, joiden käyttöliittymien avulla prosessioperaattorit valvovat, ohjaavat ja säätävät prosessia. Automaatiojärjestelmän laitteita voidaan kahdentaa tai jopa kolminkertaistaa, jolla varmistetaan sen prosessin osan toiminta toisen laitteen vikaantuessa. (Kippo & Tikka, 2008.)



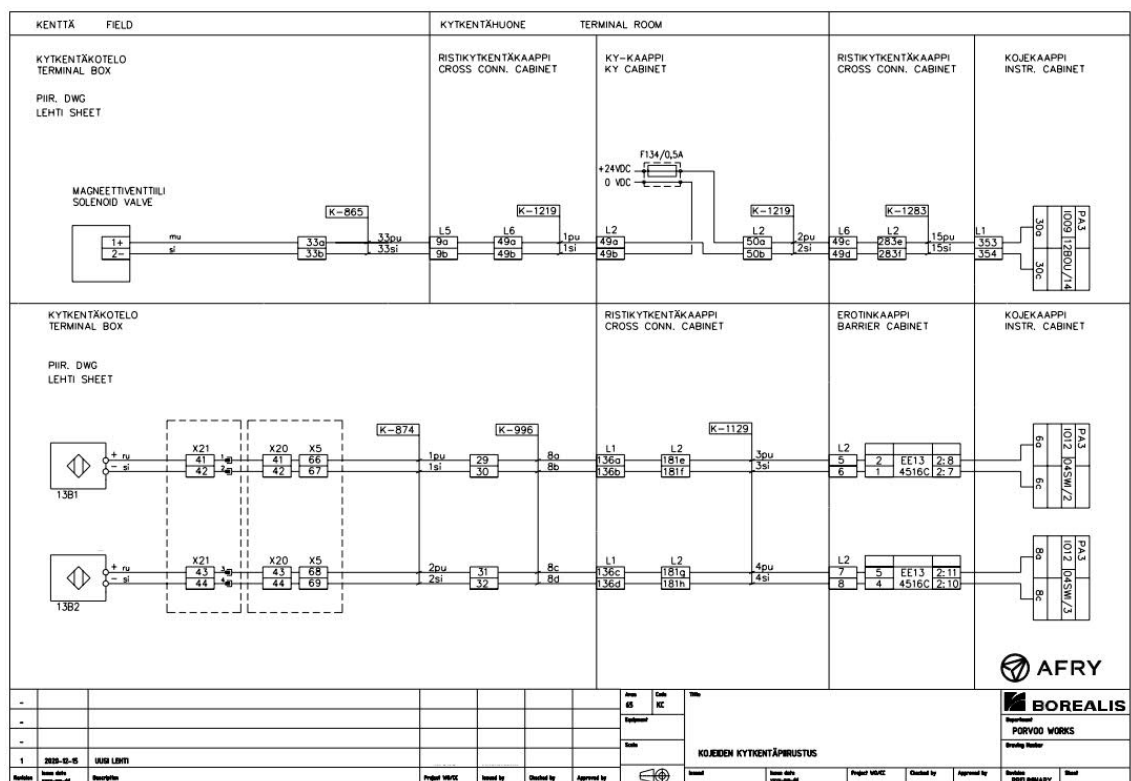
KUVA 1. Automaatiojärjestelmän yksinkertaistettu rakenne (Kippo & Tikka, 2008)

2.2 Automaatiojärjestelmien instrumentointisuunnittelu

Instrumentit ovat tärkeitä prosessinhallinnassa ja säädössä, sillä niillä saadaan tarkkaa tietoa mittaamalla prosessin suureita. Prosessisuureita ovat esimerkiksi, lämpötila, pinnankorkeus, paine ja virtaus. Täsmällisen mittaustiedon perusteella valvotaan, säädetään ja ohjataan prosessia. Instrumentit voivat olla hyvinkin yksinkertaisia laitteita, kuten venttiilejä ja mittalähtettä tai kompleksisia analysaattoreita, jotka kykenevät kommunikoimaan ohjausjärjestelmän kanssa sekä toimimaan itsenäisesti. Instrumentointikokonaisuuksista ei ole tyypillistä mallia tai esimerkkiä, sillä jokainen järjestelmä on suunniteltu tiettyyn prosessiin sopivaksi. (Kippo & Tikka, 2008.)

Tyypillisiä instrumentointisuunnittelun tehtäviä ovat hankintamäärityt, urakkakyselyt, työmäärityt, laitteiden kytkentöjen suunnittelu, sijoituskuvat, instrumentointikaapeleiden reittikartat, toimintaselostukset, järjestelmäkuvaukset ja esimerkiksi ohjausjärjestelmien sovellussuunnittelu. (Töyrylä, 2021.)

Kuvassa 2 on esitetty eräiden rajakytkimien kytkentäkaavio automaatiojärjestelmään. Tätä kaaviota voidaan pitää instrumentoinnin ”periaatekuvana”. Ohjausjärjestelmä on kuvassa oikeassa reunassa ja kenttälaite (instrumentti) vasemmassa reunassa. Kenttälaite kytketään laitekaapelilla prosessia lähellä olevaan kytkentäkoteloon, joka kytketään runkokaapelilla ristikytkentäkaappiin. Ristikytkentäkaapit on kytketty automaatiojärjestelmään prosessiiliitäntäyksiköiden (I/O-korttien) kautta, jotka vastaanottavat tai lähettävät signaaleja. Kuvassa prosessiiliitäntäyksiköt sijaitsevat kojekaapissa. Kuvassa ennen kojekaappia on erotinkaappi, joka on olennainen osa luonnostaan vaaratonta piiriä. Erotinkaapissa on erotinlaitteet, joilla varmistetaan ei-toivottujen jännitteiden ja virtojen pääsy räjähdysvaaralliselle alueelle.



KUVA 2. Rajakytkimien kytkentäkaavio

3 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT

”Sähkön tai mekaanisten ilmiöiden aiheuttamat räjähdykset ja tulipalot nesteitä, kaasuja tai pölyjä sisältävissä tiloissa voivat aiheuttaa vahinkoja ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle. Näiden vahinkojen syntymistä pyritään estämään määräyksillä ja standardeilla”. (SFS-käsikirja 604-1:2021, s. 6) Räjähdyksen estäminen pyritään ensisijaisesti toteuttamaan estämällä räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostuminen. Jos tämä ei ole esimerkiksi yrityksen toiminnan kannalta mahdollista, pyritään räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttyminen estämään. Kolmantena vaihtoehtona on räjähdyskelpoisen ilmaseoksen vahingollisten vaikutusten minimoiminen terveyden ja turvallisuuden varmistamiseksi. (SFS-käsikirja 604-1:2021.)

Räjähdysvaaralliseksi tiloiksi eli Ex-tiloiksi määritellään kaikki tilat, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa ilman kanssa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Se voi olla rakennus, rakennuksen osa tai jokin ulkotila, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos voi esiintyä. Ex-tiloja esiintyy hyvin monella eri teollisuuden osa-alueella, joista muutamia on kerätty esimerkiksi taulukkoon 1. Ex-tilan tunnistaa sen sisäänkäynneiltä löytyvistä varoituskylteistä, joka on esitetty kuvassa 3. (SFS-käsikirja 59, 2012.)

TAULUKKO 1. Eri teollisuudenaloilla räjähdysvaarojen syntyminen (Euroopan Komissio, 2003, muokattu)

| Teollisuuden sektori | Esimerkki |
|----------------------|---|
| Kemian teollisuus | Käsitellään palavia kaasuja, nesteitä ja kiinteitä aineita. |
| Öljynjalostus | Jalostustoiminta perustuu hiilivetyihin, jotka saattavat jo ympäristön lämpötilaolosuhteista muodostaa räjähdysvaaran. |
| Lääketeollisuus | Lääkkeiden valmistuksessa käytetään usein liuottimina alkoholeja. Alkoholit ovat herkästi syttyviä. |
| Metallin työstö | Metalliosien pinnan viimeistelyn yhteydessä voi syntyä räjähdyskelpoisia metallipölyjä. Liittyy erityisesti kevytmetalleihin. |
| Maatalous | Biokaasuntuotannosta syntyvät kaasut ja ilmat muodostavat räjähdysvaarallisen ilmaseoksen. |



KUVA 3. Ex-tilan varoitusmerkki ja Ex-laitemerkintä (Työterveyslaitos n. d)

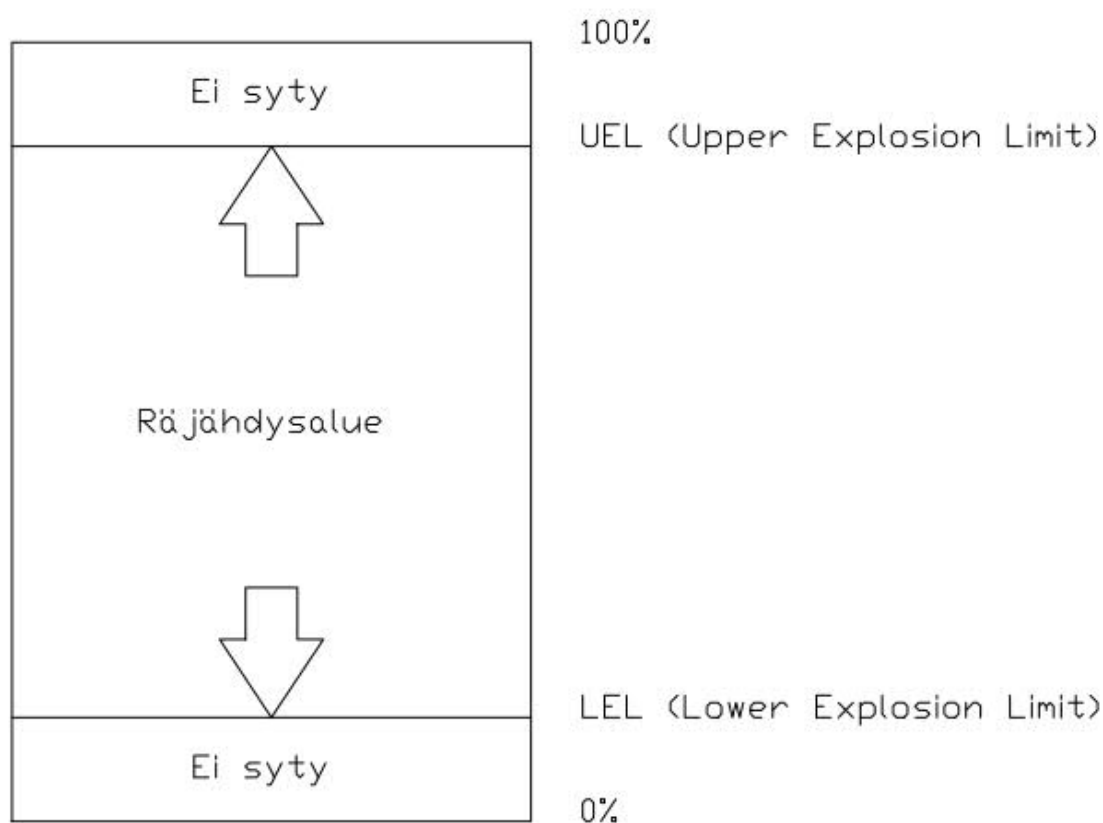
3.1 ATEX-direktiivit

Räjähdyksvaarallisia tiloja, tiloissa työskentelyä ja niissä käytettävien laitteiden käyttöä, valmistusta ja kauppaamista ohjaavat Euroopan Unionin direktiivit 2014/34/EU (ATEX-laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (ATEX-työolosuhtedirektiivi). Nämä direktiivit ovat osa suomalaista lainsäädäntöä ja tukeutuvat teknisten vaatimusten osalta standardeihin. ATEX-laitedirektiivin tarkoituksena on yhtenäistää räjähdysvaarallisten tilojen ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia ja taata vapaa kauppa laitteiden välille. ATEX-laitedirektiivi on niin sanottu ”New Legislative Framework” (NLF) -direktiivi, joka tarkoittaa, että laite katsotaan määräystenmukaiseksi, kun sen suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettu yhdenmukais-tettuja standardeja. (SFS-käsikirja 604-1:2021.)

ATEX-työolosuhtedirektiivi koskee kaikki työpaikkoja ja tuotantolaitoksia, joissa on Ex-tiloja. Asetuksen tarkoituksena on ensisijaisesti suojella näissä tiloissa työskenteleviä ihmisiä sekä toissijaisena tarkoituksena omaisuutta. Työnantajan on toteutettava tarvittavat toimenpiteet, että työskentely Ex-tiloissa on turvallista. Toimenpiteisiin sisältyy muun muassa tilan valvonta ja vaarallisuuden arviointi. (SFS-käsikirja 604-1:2021.)

3.2 Räjähdyksen määritelmä

Räjähdyks on fyysikaalinen ilmiö, jossa vapautuu erittäin lyhyessä ajassa suuri määrä energiaa. Räjähdyksessä palo leviää hyvin nopeasti räjähdyskelpoisessa ilmaseoksessa. Energian vapautumisen voi aistia esimerkiksi nopeana paineen vaihtumisena ympäristössä (räjähdyksen aiheuttama paineaalto) tai voimakkaana lämpösäteilynä. Räjähdyksvaara aiheutuu, kun ilman ja palavan aineen pitoisuudet normaalissa ilmanpaineessa ovat ”suotuisat”. Räjähdykskelpoisella ilmaseoksella tarkoitetaan palavan aineen ja ilman seosta, jossa palavan aineen pitoisuus ilmassa on aineelle ominaisen alemman- ja ylemmän räjähdysrajan välissä. Räjähdyksrajoista käytetään lyhenteitä LEL (Lower Explosion Limit) ja UEL (Upper Explosion Limit) ja niiden väliin jäävä alue on räjähdyskelpoista ilmaseosta (kuva 4). Räjähdyksrajat ovat jokaiselle aineelle ominaiset. (AFRY 2008.)

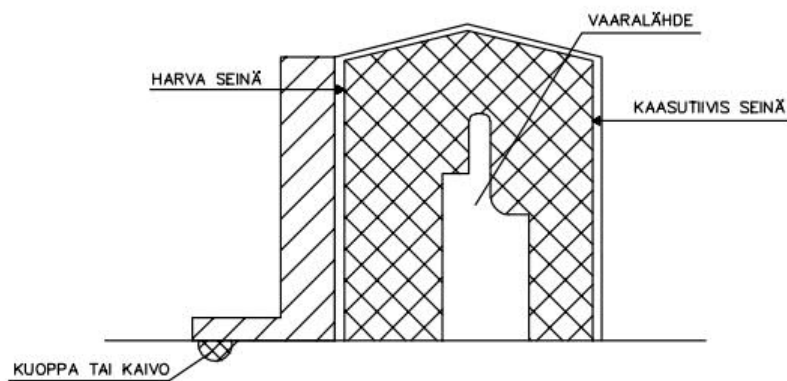


KUVA 4. Räjähdyksrajat

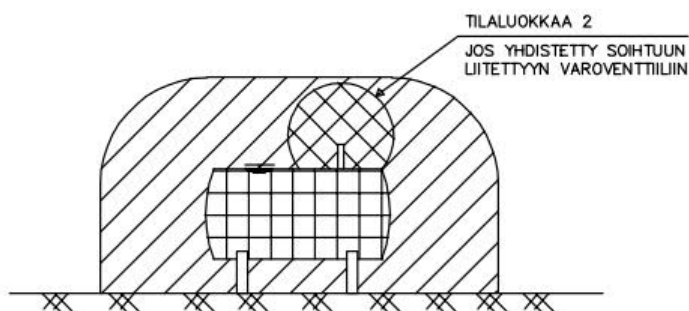
Räjähdykset voidaan jakaa kahteen eri luokkaan: fysikaaliseen räjähdykseen ja kemialliseen räjähdykseen. Fysikaalisessa räjähdyksessä aine laajenee niin, että sen olomuoto ei muutu, esimerkiksi paineistetun säiliön repeäminen. Kemiallisessa räjähdyksessä energia vapautuu kemiallisessa reaktiossa. Tällöin räjähdysten voimakkuus riippuu palavan aineen kemiallisista ominaisuuksista, ympäristön lämpötilasta ja paineesta sekä etenemisreaktiosta. Etenemisreaktiota on kaksi: detonaatio (iskuaalto) ja deflagraatio (humahdus). Detonaatiossa räjähdyksessä syntyvä iskuaalto etenee räjähtävässä aineessa ääntä nopeammin. Aineita, joissa räjähdys etenee detonaationa ovat räjähdysaineet sekä tietyissä olosuhteissa pölyt ja kaasut. Deflagraatiolla eli humahduksella tarkoitetaan räjähdysenomaista räjähdystä, jossa ei synny räjähtävään aineeseen iskuaaltoa. Räjähdys etenee reaktiossa pintapalona aliäänennopeudella. (AFRY 2008.)

3.3 Tilaluokat

Ex-tilat on jaettu kaasuräjähdyksivaarallisiin (neste, kaasu, höyry ja sumu) tilaluokkiin 0, 1 ja 2 sekä pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin 20, 21 ja 22. Tilaluokittelu tehdään räjähdysvaarallisen ilmaseoksen (päästölähteen) analysointiin perustuvalla arvioinnilla, jossa selvitetään päästölähteen sijainti, esiintymistaajuus ja esiintymisen todennäköisyys. Luokittelusta vastaa työnantaja ja se dokumentoidaan sanallisesti tai kuvallisesti. Ideana on helpottaa sopivien laitteiden valintaa sekä asennusten suunnittelua. Dokumenttien tulee sisältää taso- ja leikkauspiirustukset, joista tilaluokka ja sen laajuus ilmenee (kuva 5). Laajuuteen ja luokitukseen vaikuttavat palavien aineiden ominaisuudet (tiheys, olomuoto, leimahduspiste, iteseyttymislämpötila, pitoisuus ja räjähdysrajat), päästölähteen lämpötila, virtausnopeus ja esimerkiksi tilan ilmanvaihto. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021.)



KOHTA 1 LAITTEISTORAKENNUS

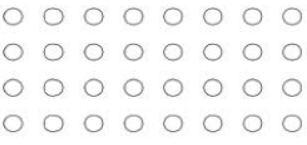
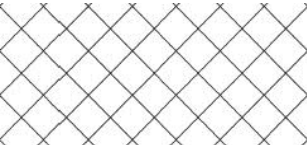
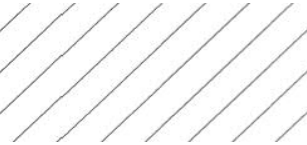


KOHTA 2 MAANPÄÄLLINEN SÄILIÖ

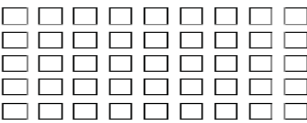
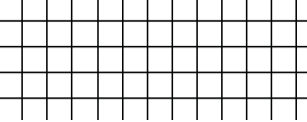
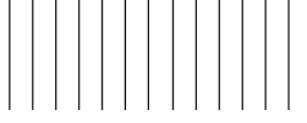
KUVA 5. Esimerkki tilaluokituksesta

Tilaluokkia on kuusi ja ne jaetaan kahteen ryhmään päästölähteen perusteella. Tämän lisäksi molemmat ryhmät jaetaan ryhmän sisäisesti kolmeen luokkaan esiintymistaajuuden ja todennäköisyyden perusteella. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty edellä mainitut luokittelut ja niiden suositellut piirrosmerkinnät. Tilaluokat 0, 1 ja 2 ovat kaasuräjähdyksivaarallisten tilojen luokat ja tilaluokat 20, 21 ja 22 ovat pölyräjähdysvaarallisten tilojen luokat. (SFS-EN IEC 60079-10:2021) Luokat 0 ja 20 ovat jatkuvan päästölähteen luokkia eli niissä räjähdysvaarallinen ilmaseos esiintyy säännöllisesti, useasti ja pitkäkestoisesti. Näissä ilmaseos esiintyy primäärisesti eli säännöllisesti ja pitkäaikaisesti. Luokissa 1 ja 21 päästölähde esiintyy normaalikäytössä sekundaarisesti eli todennäköisesti satunnaisesti sekä luokissa 2 ja 22 päästölähteen esiintyvyys on epätodennäköistä ja esiintyessään kestoltaan lyhyt. (SFS-EN 60079-10-1, 2021.)

TAULUKKO 2. Kaasuilmaseoksen tilaluokat ja suositeltu piirtotapa (SFS-käsikirja 604-1:2021)

| Tilaluokka | Esiintymistodennäköisyys räjähdyskehoiselle kaasuilmaseokselle | Suosittelut piirrosmerkintä |
|------------|---|---|
| 0 | Jatkuva, pitkäaikaisesti tai toistuvasti esiintyvä |  |
| 1 | Normaalikäytössä todennäköisesti tai satunnaisesti esiintyvä |  |
| 2 | Esiintymistodennäköisyys pieni normaalikäytössä ja esiintymisaika lyhyt |  |

TAULUKKO 3. Pölyilmaseoksen tilaluokat ja suositeltu piirtorasteri (SFS-käsikirja 604-1:2021)

| Tilaluokka | Esiintymistodennäköisyys räjähdyskehoiselle kaasuilmaseokselle | Suosittelut piirrosmerkintä |
|------------|---|---|
| 20 | Jatkuva, pitkäaikaisesti tai toistuvasti esiintyvä |  |
| 21 | Normaalikäytössä todennäköisesti tai satunnaisesti esiintyvä |  |
| 22 | Esiintymistodennäköisyys pieni normaalikäytössä ja esiintymisaika lyhyt |  |

TAULUKKO 4. Esimerkkejä tilaluokista 0, 1 ja 2

| Tilaluokka | Esimerkki |
|------------|--|
| 0 | Säiliöiden, putkien, pumppujen ja erilaisten laitteiden sisäpuolet |
| 1 | Säiliöiden, astioiden ja esimerkiksi laitteiden läheiset alueet näiden ulkopuolella noin 1,5m etäisyyden päässä päästölähteestä (ks. kuva 5) |
| 2 | Tilaluokasta 1 kolmen metrin päähän ulottuva kolmiulotteinen alue (ks. kuva 5) |

TAULUKKO 5. Esimerkkejä tilaluokista 20, 21 ja 22

| Tilaluokka | Esimerkki |
|------------|--|
| 20 | Sekoittimet, siilot, kuivaimet, täryttimet, säkitysasemat ja myllyt |
| 21 | Pölyävien päästölähteiden läheiset alueet ja pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin johtavien kulkuaukkojen läheiset alueet |
| 22 | Ilmanvaihdon poistoaukot ja pölyäviä tuotteita sisältävien säkkien varastot |

3.4 Ex-laitteet ja niiden luokittelu

IEC-60079 vaatimukset määrittävät Ex-tilojen sähköiset tai mekaaniset laitteet. Tässä työssä keskitytään vain aiheeseen olennaisesti liittyviin sähkölaitteisiin ja niiden räjähdysuojauksiin. Ex-laitteiden suunnittelun lähtökohtana on räjähdysten estäminen erilaisten ajan mukana kehittyneiden räjähdysuojusrakenteiden avulla. Ensisijaisesti laitteet pyritään sijoittamaan ei-vaarattomalle alueelle tai tilaluokan 2 ja 22 alueille. Räjähdysuojauksen tehtävänä on pysäyttää alkava räjähdys välittömästi tai estää sen leviäminen suojarakenteen sisältä ympäristöön. Niiden toimintaperiaatteet voidaan jakaa potentiaalisten syttymislähteiden tunnistamiseen ja räjähdysten kontrollointiin. (SFS-käsikirja 604:1, 2021.)

Ex-laitteiden suojausrakenteet jaetaan standardeissa sähkölaitteiden ja muiden kuin sähkölaitteiden suojausrakenteisiin. Taulukossa 6 on esitetty kaikki sähkölaitteiden räjähdysuojusrakenteet, symbolit, soveltuvat tilaluokat, esimerkkilaitteet ja suojausrakennetta koskeva standardi. Lisäksi kuvassa 6 on esitetty Ex-laitteelta vaadittu merkintä selityksineen. ATEX-koodista tulee olla CE-merkintä,

Ex-merkintä, soveltuva tilaluokka, laiteluokka, laiteryhmä, räjähdysuojaustaso ja -rakenne sekä lämpötilaluokka. (SFS-käsikirja-604-1:2021.)

TAULUKKO 6. Ex-tilojen sähkölaitteiden räjähdysuojaustasot, tilaluokat ja EPL

| Suojaustyyppi | Tunnus | Tilaluokka | EPL |
|---|---------|------------|----------|
| Räjähdyspaineenkestävä rakenne "EXD" | Ex -db | 1 | Ga |
| | Ex -dc | 2 | Gb Gc |
| Varmennettu rakenne "EXE" | Ex- eb | 1 | Gb |
| | Ex- ec | 2 | Gc |
| Luonnostaan vaaraton rakenne "EXI" | Ex -ia | 0, 20 | Ga, Da |
| | Ex -ib | 1, 21 | Gb, Db |
| | Ex -ic | 2, 22 | Gc, Dc |
| Massavalurakenne "EXM" | Ex -ma | 0, 20 | Ga, Da |
| | Ex -mb | 1, 21 | Gb, Db |
| | Ex -mc | 2, 22 | Gc, Dc |
| Sytymätön/kipinöimätön rakenne "EXN" | Ex -nAc | 2, 22 | Gc, Dc |
| | Ex -nCc | 2, 22 | Gc, Dc |
| | Ex- nRc | 2, 22 | Gc, Dc |
| Öljytäytteinen rakenne "EXO" | Ex -ob | 1 | Ga |
| | Ex -oc | 2 | Gb |
| Paineistettu rakenne "EXP" | Ex -pxb | 1, 21 | Gb, Db |
| | Ex -pyb | 1, 21 | Gb, Db |
| | Ex -pzs | 2, 22 | Gc, Dc |
| Suojaus koteloinnilla "EXT" | Ex -ta | 0, 20 | Ga, Da |
| | Ex -tb | 1, 21 | Gb, Db |
| | Ex -tc | 2, 22 | Gc, Dc |
| Hiekkatäytteinen rakenne "EXQ" | Ex -qb | 1 | Gb |



KUVA 6. ATEX-merkintä (Kippo & Tikka, 2008)

Ex-laitteet jaetaan kolmeen laiteryhmään (I, II ja III) käyttötarkoituksen perusteella ja niiden valinta perustuu ATEX-laitedirektiiviin. Ryhmän I laitteet ovat tarkoitettu käytettäväksi kaivoksissa, jossa kaivoskaasut ja -pölyt aiheuttavat räjähdysvaaran. Ryhmän II laitteet ovat tarkoitettu kaasuräjähdysvaarallisiin tiloihin luuonottamatta kaivoskaasuja sekä ryhmän III laitteet ovat tarkoitettu pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin.

Nesteet, kaasut ja pölyt jaetaan alaryhmiin A, B ja C suurimman kokeellisen turvaraon ja pienimmän syttymisvirran perusteella. Alaryhmät ovat määritelty lähinnä EXD- ja EXI-räjähdysuojausrakenteita varten. EXD-kotelolle määritetään koesäiliön avulla suurin kokeellinen turvarako (MESG) ja EXI-laitteelle laboratoriometaanin pienimmän syttymisvirran ja laitteen virran suhteella pienin syttymisvirta (MIC). Taulukossa 7 ja 8 on esitetty räjähdysryhmien II ja III alaryhmät sekä

ryhmissä käytettävien laitteiden laiteryhvät. Taulukossa 9 on esitetty tilaluokkiin soveltuvat laiteluokat ja räjähdysuojaustaso EPL. Jos laitteen räjähdysuojaukselle on tilaluokituksen yhteydessä esitetty erillisiä vaatimuksia, käytetään laitevalinnassa taulukon 9 saraketta 4. (SFS-käsikirja 59, 2012.)

TAULUKKO 7. Räjähdysryhmä II – Kaasut, höyryt ja sumut (SFS-käsikirja 604-1:2021)

| Räjähdysryhmä ja esimerkkikaasu | Hyväksytty laiteryhmä |
|---------------------------------|-----------------------|
| IIA: propaani | II, IIA, IIB tai IIC |
| IIB: eteeni | II, IIB, tai IIC |
| IIC: vety ja asetyleeni | II tai IIC |

TAULUKKO 8. Räjähdysryhmä III – Pölyt (SFS-käsikirja 604-1:2021)

| Pölyt | Hyväksytty laiteryhmä |
|------------------------|-----------------------|
| IIIA: palavat hahtuvat | IIIA, IIIB tai IIIC |
| IIIB: eristävät pölyt | IIIB tai IIIC |
| IIIC: johtavat pölyt | IIIC |

TAULUKKO 9. Tilaluokan, ATEX-laiteluokan tai räjähdysuojaustason (EPL) väliset suhteet (SFS-käsikirja 604-1:2021)

| Tila | Tilaluokka | Laiteluokka | EPL |
|--------------------------------|------------|--------------|--------------|
| Kaasuräjähdysvaaralliset tilat | 0 | 1G | Ga |
| | 1 | 1G ja 2G | Ga ja Gb |
| | 2 | 1G, 2G ja 3G | Ga, Gb ja Gc |
| Pölyräjähdysvaaralliset tilat | 20 | 1D | Da |
| | 21 | 1D ja 2D | Da ja Db |
| | 22 | 1D, 2D ja 3D | Da, Db ja Dc |

Palavien aineiden luokittelun lisäksi sähkölaitteiden valintaan ja käyttöön vaikuttaa ympäristön lämpötila, maksimipintalämpötila ja palavan aineen syttymislämpötila. Jos laite on suunniteltu normaaliin lämpötila-alueeseen $-20\text{ °C} \dots +40\text{ °C}$, ei laitteen tietoihin tarvitse merkitä lämpötila-alueita. Kuvassa 7 näkyy merkintä poikkeavasta lämpötila-alueesta normaaliin verrattuna. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

Ex-laitteille on määritelty suurimmat sallitut pintalämpötilat, mitkä määräytyvät palavan nesteen, kaasun tai pölyn syttymislämpötilasta. Syttymisryhmät kertovat kuinka herkästi aine syttyy. T6-luokan kaasut tai höyryt vaativat vähiten energiaa syttyäkseen ja T1-luokan kaasut tai höyryt eniten. Syttymislämpötila määrää sallitun laitteen pintalämpötilan, jotka luokitellaan myös T1 – T6-luokkiin. Taulukossa 10 on esitetty syttymisryhmät, palavan kaasun tai höyryn syttymislämpötilat ja sähkölaitteiden suurimmat sallitut pintalämpötilat. (SFS-käsikirja 59, 2012.)

TAULUKKO 10. Aineiden syttymisryhmät ja suurimmat sallitut pintalämpötilat (SFS-käsikirja 59, 2012)

| Syttymisryhmä | Kaasun tai höyryn syttymislämpötila °C | Sähkölaitteen suurin sallittu pintalämpötila |
|---------------|--|--|
| T1 | >450°C | 450°C |
| T2 | >300°C | 300°C |
| T3 | >200°C | 200°C |
| T4 | >135°C | 135°C |
| T5 | >100°C | 100°C |
| T6 | >85°C | 85°C |

Mikäli räjähdysvaara Ex-tilassa syntyy pölypilvistä, Ex-laitteen suurin sallittu pintalämpötila ei saa ylittää 2/3-osaa tilassa vallitsevan pölyilmaseoksen minimisyttymislämpötilasta (kaava 1). (SFS-EN 60079-14:2015+AC:2016.)

$$T_{\max} \leq \frac{2}{3} T_{\text{CL}}, \quad (1)$$

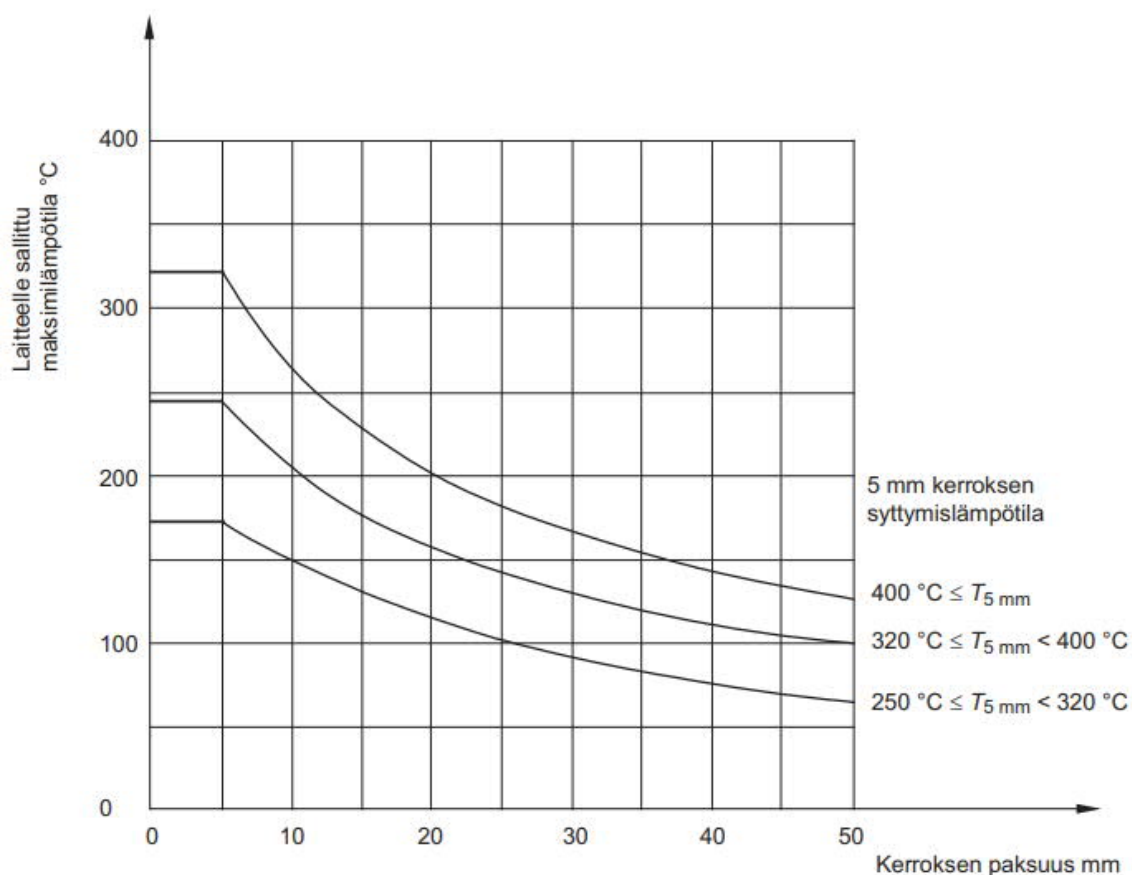
jossa T_{\max} on suurin sallittu pintalämpötila ja T_{CL} on pölyilmaseoksen minimisyttymislämpötila.

Räjähdyksvaaran johtuessa pölykerroksesta, jonka paksuus on enintään 5mm, sähkölaitteen pintalämpötila ei saa ylittää lämpötila-arvoa, joka on 75 °C alhaisempi, kuin kyseessä olevan 5mm paksun pölykerroksen minimisyttymislämpötila (kaava 2). (SFS-EN 60079-14:2015+AC:2016.)

$$T_{\max} \leq T_{5\text{mm}} - 75^{\circ}\text{C}, \quad (2)$$

missä T_{\max} on suurin sallittu pintalämpötila ja $T_{5\text{mm}}$ on 5mm paksun pölykerroksen minimisyttymislämpötila.

Mikäli pölykerroksen paksuus kuitenkin pääsee muodostumaan yli 5mm rajan ja on paksuimmillaan 50mm, täytyy Ex-laitteen suurinta sallittua pintalämpötilaa alentaa kuvan 11 käyrästäön mukaisesti. Ennen käyrästäön käyttöä tulee tutustua standardin IEC 61241-2-1 ohjeistuksiin. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)



IEC 2301/07

KUVA 11. Suurimmat sallitut pintalämpötilat pölyräjähdyksvaarallisissa tiloissa (SFS-EN 60079-10-2 2021)

3.5 Räjähdyssuojausasiakirja

Ex-tilan sähkölaitteista ja muista ATEX-laitteista pidetään helposti saatavissa ja ajan tasalla olevaa räjähdysuojausasiakirjaa. Asiakirja on itsenäinen dokumentti tai osa työpaikan turvallisuusasiakirjaa ja se sisältää laitteiden valintaan, huoltoon, käyttöön ja asennuksiin tarvittavat tiedot. Räjähdyssuojausasiakirja täytyy aina laatia ja tarkistaa ennen Ex-tilan käyttöönottoa tai kun tilan laitteisiin ja väli-neisiin tehdään olennaisia muutoksia. Työolosuhdedirektiivin asetuksen pykälässä 8 on kerrottu kaikki vaatimukset dokumentin sisällölle. (SFS-käsikirja 59, 2012.)

Ex-laitteilta kerätään räjähdysuojausasiakirjaan tarkastuksia varten tarvittavat laiteluettelot ja laitteiden sijainnit, asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet, käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuspöytäkirjat, sähkölaitteisiin liittyvät erityisehdot ja esimerkiksi EXI-järjestelmäkuvaus ja varmuuslaskenta, jos kyseistä räjähdysuojaurakennetta on käytetty. (SFS-käsikirja 604-1:2021.)

4 EXD- JA EXI-RÄJÄHDYSSUOJAUSRAKENTEET

4.1 EXD – Räjähdyssuojauksen kestävä

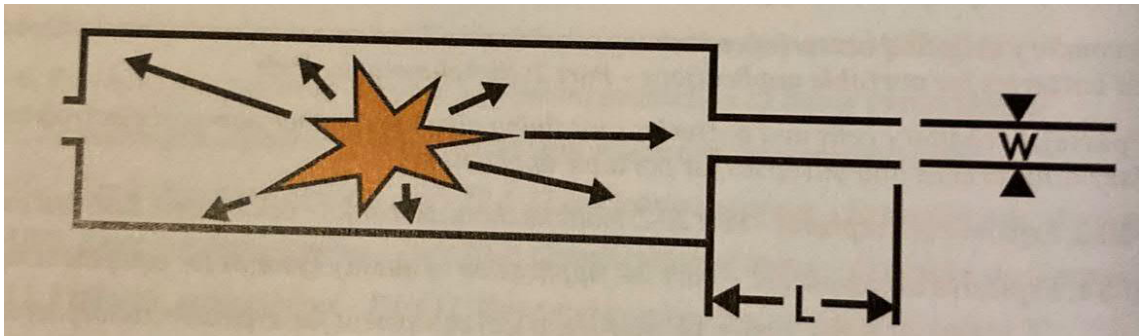
Räjähdyssuojauksen kestävästä rakenteesta käytetään lyhennettä EXD. Tällainen rakenne voi sisältää normaalikäytössä kuumia osia ja pintoja sekä kipinöiviä osia suojarakenteen sisäpuolella. Räjähdyssuojauksen pääsyä suojarakenteen sisälle ei ole estetty, mutta rakenteen täytyy kestää räjähdys aiheuttama paine ja estää räjähdys laajenemisen kotelon ulkopuolelle. Suurin sallittu räjähdyspaine kotelon sisällä ei yleensä saa ylittää 10 bar:ia. EXD-kotelo valmistetaan yleensä teräksestä tai alumiinista niiden hyvän mekaanisen lujuuden vuoksi. Suojarakenteen toimivuudesta vastaa laitteen valmistaja ja sen suunnittelua ohjaa SFS-EN-2018 standardi. (SFS-EN 60079-1:2014.)

EXD-räjähdyssuojauksrakennetta käytetään esimerkiksi turvakytkimissä (kuva 12), kollektoreissa, lämpölaitteissa, sulakkeissa, ohjauskeskuksissa ja -paneelissa sekä tehoelektronikassa. (SFS-käsikirja 604-1:2021.)



KUVA 12. Esimerkki EXD-suojakerotuskytkimistä (Pepperl+Fuchs 2021)

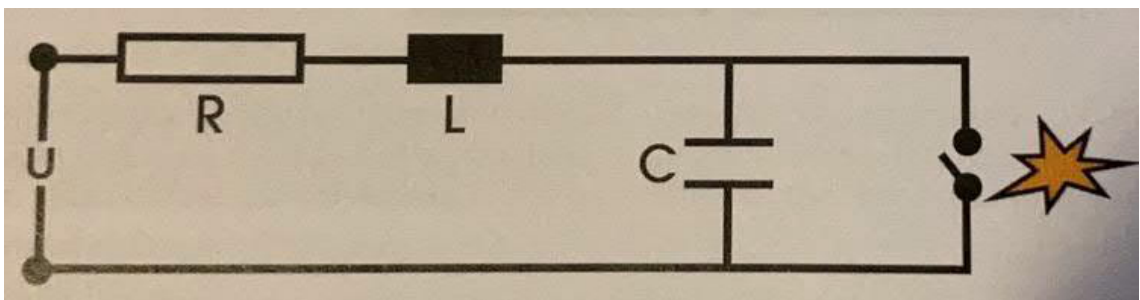
Kuvassa 13 on EXD-suojarakenteen ”periaatekuva”. Kotelon sisälle pääsevä räjähdyskelpoinen ilmaseos saa räjähtää, mutta räjähdys ei synnytä vaaraa ulkopuolelle. Kotelon kaikki raot ja saumat ovat suunniteltu niin pitkiksi ja ahtaiksi, ettei räjähdys pääse tunkeutumaan niiden läpi. Kuumat kaasut ja räjähdyksestä syntyneet lieskat ehtivät jäähtyä matkallaan ulos kotelosta. (SFS-käsikirja 604-1:2021.)



KUVA 13. EXD-suojarakenteen periaatekuva

4.2 EXI – Luonnostaan vaaraton

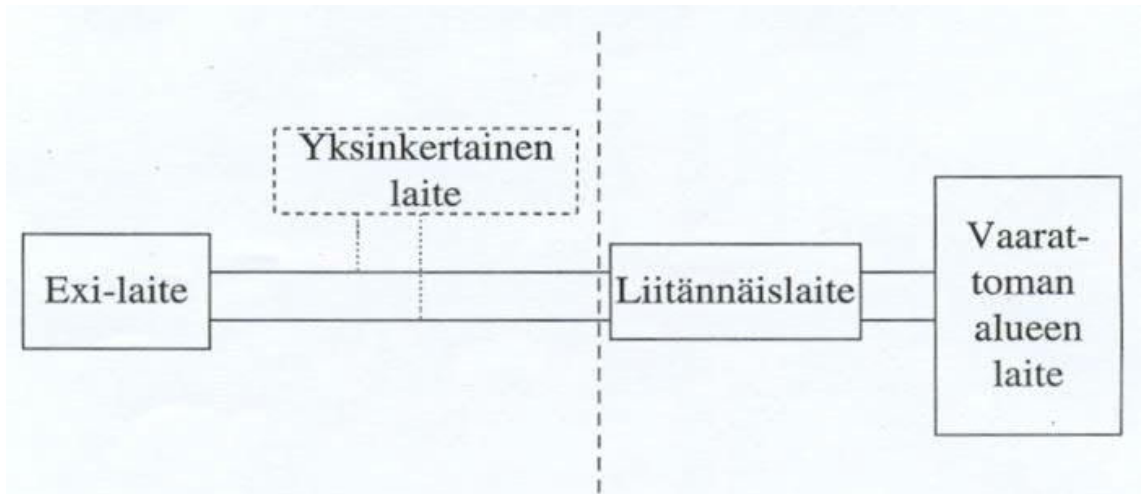
Räjähdyssuojarakenne EXI tarkoittaa luonnostaan vaaratonta räjähdysuojausrakennetta ja sen tunnuskirjain on "i". EXI-suojausmenetelmän filosofia eroaa muista tyypillisistä suojausmenetelmistä, sillä siinä keskitytään sähköisten vaaraa aiheuttavien fyysikaalisten suureiden, kuten jännitteen, virran, tehon, kapasitanssin ja induktanssin rajoittamiseen, eikä niinkään mekaanisiin suojauskeinoihin, kuten monissa muissa suojusrakenteissa. Luonnostaan vaarattomuus varmistetaan siten, että piirin kokonaisenergiamäärä ei kykene sytyttämään ympäröivää räjähdyskelpoista ilmaseosta missään tilanteessa. Energiämäärästä, jota piirin kokonaisenergia ei saa ylittää, käytetään lyhennettä MIE. Luonnostaan vaarattoman piirin tunnus on I-kirjain, joka tulee englannin kielen sanoista "*Intrinsically Safety*". Kuvassa 14 on EXI-piirin periaatekuva. (SFS-EN 60079-11:2015.)



KUVA 14. EXI-piirin periaatekuva

Luonnostaan vaarattomiksi laitteiksi määritellään kaikki ne virtapiirin laitteet, jotka ovat EXI-sertifioituja. Vain nämä laitteet voi asentaa EXI-järjestelmässä räjähdysvaaralliseen tilaan. Järjestelmän muiden laitteiden tulee sijaita ei-räjähdysvaaral-

lisellä alueella. EXI-virtapiiri koostuu EXI-laitteesta, yksinkertaisista laitteista, liitännäislaitteista ja vaarattoman alueen laitteista. Yksinkertaisia laitteita ja liitännäislaitteita on käsitelty tarkemmin kappaleissa 4.2.1 ja 4.2.2. Kuvassa 9 on EXI-piiriin tyypillinen rakenne.



KUVA 15. EXI-piiriin tyypillinen rakenne (Sulonen, 2013)

EXI-piirit jaetaan suojausvaatimuksien mukaan kolmeen eri luokkaan: EX ia, EX ib ja EX ic. Lisäkirjaimet a, b ja c nimessä viittaavat sallittujen vikatilanteiden määrään ja suojatason luokkaan. EX ia -luokan suojaustaso on erittäin korkea ja se ei saa aiheuttaa vaaraa kahden vian esiintyessä samanaikaisesti. EX ib -luokan laitteiden suojaustaso on korkea ja järjestelmä ei saa aiheuttaa vaaraa yhden vian esiintyessä piirissä. EX ic -luokan laitteet ei saa aiheuttaa vaaraa normaali-toiminnassa ja kyseistä suojarakennetta käytetään yleensä vain mittaus- ja merkinantolaitteissa. Taulukkoon 11 on listattu EXI-piiriin lisäkirjaimet, niiden selite ja tilaluokat, joissa laitteita voidaan käyttää.

TAULUKKO 11. EXI-suojausluokat, niiltä vaadittu turvallisuus taso ja soveltuva tilaluokka

| Tunnus | Suojaustaso | Tilaluokka |
|--------|-----------------|------------|
| EX ia | erittäin korkea | 0 ja 20 |
| EX ib | korkea | 1 ja 21 |
| EX ic | normaali | 2 ja 22 |

4.2.1 Liitännäislaitteet

Liitännäislaitteen kautta syötetään kenttälaitteeseen sen tarvitsema teho ja niiden avulla estetään liian korkeiden jännitteiden ja virtojen pääsy räjähdysvaaralliselle alueelle vaarattomalta alueelta. Liitännäislaitteiden tulee olla EXI-hyväksytyjä. Liitännäislaitteet on varustettu ”rajoittimilla” eli barriereilla, jotka ovat yleisesti zener-diodeilla toteutettu diodirajoitin tai galvaanisen erotuksen sisältävällä aktiivinen rajoitin. Liitännäislaitteita ei saa sijoittaa räjähdysvaaralliselle alueelle, vaan niiden tulee sijaita turvallisella-alueella tai esimerkiksi EXD-kotelon sisällä. Liitännäislaitteen tunnus täytyy merkitä hakasulkuihin. Esimerkiksi [Ex ia] tai Ex [ia]. Luonnostaan vaarattomien laitteiden ja liitännäislaitteiden tulee olla hyväksytyjä käytettäväksi luonnostaan vaarattoman piirin osana. Tämä ehto koskee myös turvallisella alueella olevia laitteita. (SFS-EN 60079-11:2011.)

4.2.2 Yksinkertaiset laitteet

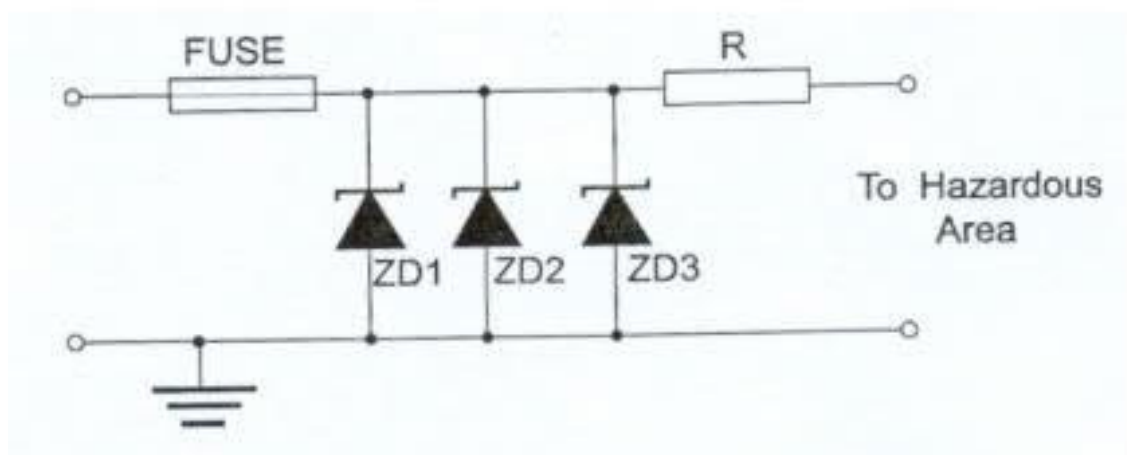
Täysin luonnostaan vaarattomaan järjestelmään voidaan liittää tiettyjä yksinkertaisia laitteita. Yksinkertaisiksi laitteiksi voidaan määritellä sähkölaitteet, joiden käyttöjännite on alle 1,5V (volttia), piirissä kulkevan virta on alle 100mA ja laitteen teho alle 25mW. (SFS-käsikirja 604-1:2021.) Yksinkertaisia laitteita ovat esimerkiksi passiiviset komponentit (kytkimet, potentiometrit, riviliittimet ja kaapelit) ja omavoimaiset energianlähteet, kuten kondensaattorit ja kelat.

Kuvassa 16 on esitetty zenerbarrierin tyypillinen kytkentä. Kyseisessä kytkennässä jännitteenrajoitus saadaan aikaan zenerdiodeilla (ZD1, ZD2 ja ZD3) ja maadoituksella. EX-virtapiirin puolen liittimien ja niiden välissä vaikuttava jännite on sama, kuin zenerdiodien yli oleva jännite, eli zenerjännite (U_z). Jännite on sama jokaisen diodin yli, koska ne ovat kytketty rinnan. Tällöin piirin oikosulkuvirta piirin suurin virta I_k (oikosulkuvirta), voidaan määritellä kaavalla 3:

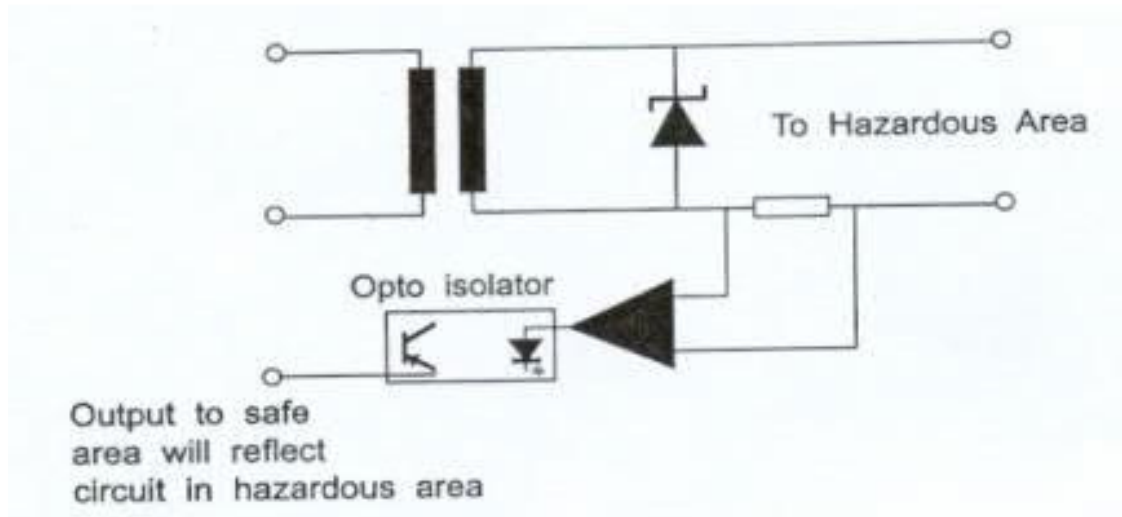
$$I_z = \frac{U_z}{R}, \quad (3)$$

jossa I_k on oikosulkuvirta, U_z on zenerjännite ja R on resistanssi. Jos jännite nousee liittimien 1 ja 2 puolella (turvallisella alueella) korkeammaksi kuin zenerjännite U_z , kasvaa diodien läpimenevä virta jyrkästi, mikä johtaa sulakkeen aktivoitumiseen, jolloin vaarallisten jännitteiden ja virtojen syntyminen estyy. Koska zenerbarrieri on passiivinen laite, syntyy siinä jännitehäviö, joka on suoraan verrannollinen barrierin sisäiseen resistanssiin ja piirissä kulkevan virran tuloon. Taphtuva jännitehäviö saattaa joissain tapauksissa johtaa siihen, että passiivista zenerbarrieria ei voida käyttää. Tällöin täytyy käyttää esimerkiksi aktiivista rajoitinta. (AFRY 2008.)

Kuvassa 17 on esitetty galvaanisella erotuksen sisältävän aktiivisen rajoittimen peruskytkentä. Aktiiviset rajoittimet ovat kasvattaneet suosiotaan korvaten yhä useammin passiiviset rajoittimet. Syynä on aktiivisen rajoittimen edut: ei tarvitse luonnostaan vaarattomuuden kannalta maadoitusta, ei jännitehäviötä, oikosulku suojattu sekä monipuolisuus. Aktiiviset rajoittimet voivat toimia esimerkiksi vahvistimena. (AFRY 2008.)



KUVA 16. Passiivisen Zenerbarrierin peruskytkentä (Sulonen, 2013)



KUVA 17. Galvaanisen erottimen peruskytkentä (Sulonen, 2013)

4.2.3 EXI-varmuuslaskenta

Luonnostaan vaarattomuus täytyy varmistaa laskennallisesti. Laskennassa varmistetaan, että järjestelmän laitteiden jännitteiden, virtojen, tehojen, kapasitanssien ja/tai induktanssien arvot eivät ylitä standardissa "SFS-EN 60079-14:2015" määriteltyjä ehtoja. Kaavoissa 4 – 14 on esitelty kaikki ehdot, joiden täytyessä järjestelmä voidaan todeta luonnostaan vaarattomaksi. Lisäksi EXI-järjestelmän laitteiden yhteensopivuus täytyy varmistaa ja tehdä koko EXI-järjestelmästä kuvaus räjähdys-suojausasiakirjaan. Taulukossa 12 on varmuuslaskennassa tarvittavat laitteeseen liittyvät tekniset parametrit. Tässä työssä käsitellään vain yksinkertaisen, eli lineaarisen EXI-piirin laitteiden varmuuslaskennan ehtoja. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

TAULUKKO 12. Varmuuslaskennassa tarvittavat laiteparametrit

| Parametri | EXI-laite | Liitännäislaite | Kaapeli |
|--------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Jännite | U_i | U_o | - |
| Virta | I_i | I_o | - |
| Teho | P_i | P_o | - |
| Kapasitanssi | L_i | L_o tai $\frac{L_o}{R_o}$ | L_c tai $\frac{L_c}{R_c}$ |
| Induktanssi | C_i | C_o | C_c |

Parametrien sallitut arvot ovat kootaan valittujen laitteiden laitevalmistajan tiedoista. Kaavoissa 7 – 9 on esitetty ehdot syöttöjännitteelle, -virralle ja -teholle suhteessa liitännäislaitteen vastaaviin arvoihin. Ehtojen mukaan sisään tulevien jännite-, virta- ja tehoarvojen täytyy olla suurempia tai yhtä suuria kuin liitännäislaitteen vastaavien arvojen. Kaavojen 10 ja 11 ehtoissa määritetään liitännäislaitteelle suurin sallittu kapasitanssin ja induktanssin arvo. EXI-laitteen ja kaapeleiden induktanssin ja kapasitanssin summat täytyy olla pienempiä tai yhtä suuria kuin liitännäislaitteen. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

$$U_i \geq U_o \quad (4)$$

$$I_i \geq I_o \quad (5)$$

$$P_i \geq P_o \quad (6)$$

$$L_o \geq L_i + L_c \quad (7)$$

$$C_o \geq C_i + C_c \quad (8)$$

Kaavoissa 12 ja 13 on esitetty kaapelin maksimaalisen kapasitanssin ja induktanssin varmistamiseen vaikuttavat ehdot. Ehtojen mukaan 1 %:n liitännäislaitteen induktanssin tai kapasitanssin arvojen tulee olla suurempia tai yhtä suuria

kuin EXI-laitteen. Tässä kohdassa täytyy huomioida, että vain toinen näistä ehtoista voi toteutua, jolloin kaavat 14 ja 15 pätevät. Mikäli EXI-laitteen kokonaiskapasitanssi ja -induktanssi ovat molemmat suurempia kuin liitännäislaitteen, täytyy nämä arvot puolittaa, jolloin kaavojen 15 ja 16 ehtojen täytyy toteutua vaaratomuuden takaamiseksi. (AFRY 2008; SFS-EN 60079-11:2011.)

$$L_i \leq 1\% \cdot L_o \quad (9)$$

$$C_i \leq 1\% \cdot C_o \quad (10)$$

$$L_c \leq L_o - L_i \quad (11)$$

$$C_c \leq C_o - C_i \quad (12)$$

$$L_c \leq \frac{L_o}{2} - L_i \quad (13)$$

$$C_c \leq \frac{C_o}{2} - C_i \quad (14)$$

Taulukossa 12 on esitetty myös vaihtoehtoiset arvot liitännäislaitteen kapasitanssille ja induktanssille. Vaihtoehto on kapasitanssin suhde resistanssiin ja vastavasti induktanssille, eli L_o / R_o ja C_o / R_o . Näitä korvaavia arvoja voidaan käyttää tiettyjen ehtojen toteutuessa, jotka määritellään standardissa SFS-EN 60079-14. Suhteen käyttöön ei perehdytä sen tarkemmin, koska se ei ole välttämätöntä tämän varmuuslaskennan kannalta. (SFS-EN 60079-11:2011.)

5 EXD JA EXI INSTRUMENTOINTISUUNNITTELUSSA

Tämä kappale käsittelee Borealixsen pilottilaitokselle rakennetun uuden tuotantolinjan instrumentointisuunnittelua, jossa pyrittiin ensisijaisesti käyttämään EXD-räjähdyssuojusrakennetta. Instrumenttien yleisimpiä käyttöjännitteitä ovat: 24-60VDC ja 230VAC. EXI-räjähdyssuojusrakennetta käytetään yleisesti mittaus- ja merkinantolaitteissa ja EXD-rakennetta sellaisilla laitteilla, joiden tehon tarvetta ei voida rajoittaa.

5.1 Tuotantolinjan uusien instrumenttien räjähdysuojusrakenteet

Pilottilaitoksen tilaluokitus on 1 eli instrumenteilta vaadittu laiteryhmä on II ja laiteluokka 2G. Laitoksen räjähdysvaarallinen ilmaseos koostuu siis kaasuräjähdyssvaarallisesta ilmaseoksesta. Tämän tilaluokan ja laiteluokan räjähdysuojusrakenteiksi instrumenttien vaadittu EPL on Gb. Laitteen räjähdysuojausluokan täytyy olla joku seuraavista: Ex -db, Ex -ia tai Ex -ib.

Laitteiden räjähdysuojusrakenteeksi päädyttiin valitsemaan EXD, koska sillä haluttiin välttyä suunnittelutyössä EXI-laitteiden varmuuslaskennalta ja muilta EXI-järjestelmien mukana tulevilta lisätoilta. Myös laitoksen tilaluokka mahdollisti sen. Suojusrakenteen hinnalla ei ollut merkitystä laitteiden räjähdysuojausmenetelmän valintaan. Instrumenttien määrä oli noin 300, joista 290 toteutettiin EXD:nä ja loput EXI:nä. EXI-laitteesta seitsemän oli vanhojen hyötykäytettyjen magneettiventtiilien rajakytkimien auki/kiinni -viestit ja loput laitepakettien mukana tulleita EXI-laitteita. Laitetoimittajat eivät vaihtaneet ”vakiolaitteitaan” EXD-laitteiksi, vaikka erittelyissä niin vaadittiin. Esimerkkinä erään pumpun sisälämpötilan ja paineen mittaus, minkä seurauksena laitteille täytyi tehdä varmuuslaskennat. Lisäksi ristikytkentäkaapeissa ei todennäköisesti olisi ollut riittävästi tilaa EXI-piirien vaatimille erotinlaitteistolle.

Kuvassa 18 on erään reaktorin pohjaventtiilin auki/kiinni -rajojen kytkentä kenttä-laitteesta ohjausjärjestelmään. Laskentaa varten tarvitaan kytkentäkaaviossa

5.2 EXD:n ja EXI:n hyvät ja huonot puolet

EXD- ja EXI-räjähdyssuojaurakenteet eroavat toisistaan monella tapaa. EXD-rakenteen turvallisuus perustuu räjähdynksen eristämiseen laitetta ympäröivän suojakotelon avulla. Räjähdyksellisen ilmaseoksen pääsyä kotelon sisälle ei estetä, mutta alkava räjähdys ei pääse purkautumaan kotelon sisältä ulos, vaan se ehtii sammua turvaraon rakenteen seurauksena. EXI-piirin suojausrakenne ei perustu erilliseen suojakotelointiin, vaan se perustuu piirin sähköenergian rajoitukseen. Piirin energiamäärä ei missään tilanteessa kykene aiheuttamaan räjähdystä.

Taulukoihin 13 – 17 on listattu standardeista, AFRY:n koulutusmateriaaleista ja projektin instrumentointisuunnittelusta saadun tiedon perusteella EXD- ja EXI-räjähdyssuojaluokkien hyvät ja huonot puolet sekä räjähdysuojaurakenteiden vaatimukset.

TAULUKKO 13. EXD-suojausrakenteen hyödyt ja huonot puolet

| Hyödyt | Haitat |
|--|--|
| Yksinkertainen suunnitella | Materiaalien takia kallis |
| Sopii suurempitehoisille laitteille | Vaati käyttökätkon (jännitteen erotuksen) huoltoa varten |
| Kotelon sisälle voidaan sijoittaa tavallisia laitteita eli ei Ex-laitteita | Raskas kotelo |
| Suurimäärä instrumentteja voidaan toteuttaa EXD:llä | Tiukat vaatimukset kaapeliläpivienneille |
| | Tiukat vaatimukset turvallisuuden testaukselle |

TAULUKKO 14. EXI-suojusrakenteen hyödyt ja huonot puolet

| Hyödyt | Huonot puolet |
|---|---|
| Halpa | Työläämpi suunnitella |
| Soveltuu kaikkiin tilaluokkiin | Voidaan käyttää vain laitteilla, joiden tehoa voidaan rajoittaa |
| Helppo asentaa ja huoltaa: voidaan huoltaa jännitteisenä | Paljon suunnitteluun ja asennuksiin koskevia vaatimuksia |
| Kevyt rakenne (normaalin sähkölaitteen rakenne) | |
| Mahdollistaa yksinkertaisten laitteiden liittämisen järjestelmään | |
| Ei salli räjähdystä / aiheuta sitä | |

TAULUKKO 15. EXD-piirin vaatimukset

| Huomioitava asia | Vaatimus |
|----------------------------|---|
| Kotelon sisäiset muutokset | - Ei saa muuttaa ilman uudelleen arviointia |
| Kaapeliläpiviennit | - Sileä tai kierteinen reikä - Läpivienti kotelon seinämässä tai sovitusslevyltä - Kaapeliläpivienneille useita vaatimuksia, jotka on esitetty standardissa IEC 60079-14:2015+AC:2016, s. 63 – 64 |
| EXD-laitevaatimukset | - IIA, minimietäisyys 10mm - IIB, minimietäisyys 20mm - IIC, minimietäisyys 30mm |
| Kaapelointi | - Kaapelin jännitelujuus 500VAC tai 750VDC - Häiriösuojattu - Mekaanisesti suojattu |

TAULUKKO 16. EXI-piirin vaatimukset

| Kategoria | Vaatus |
|--------------------------------------|--|
| Järjestelmäkuvaus | - Laadittava aina |
| Räjähdyssuojaustasot -ia, -ib ja -ic | - EX ia ei saa aiheuttaa vaaraa kolme mielivaltaisen vian esiintyessä samanaikaisesti - Ex ib ei saa aiheuttaa vaaraa yhden mielivaltaisen vian esiintyessä - Ex ic ei saa aiheuttaa vaaraa normaalikäytössä |
| Liitännäislaite | - Galvaaninen erotus tai Zenerbarrieri - Jos käytetään Zenerbarrieria: <ul style="list-style-type: none"> • IT- ja TT-järjestelmissä maadoitus kytketään potentiaalintasaukseen • TN-S -järjestelmässä syöttävän keskuksen maadoitus kiskoon • Resistanssi alle 1 Ω • Johdin eristetty ja sitä ei saa kytkeä laitekotelon runkoon • Suojattava tarvittaessa mekaanisesti |
| Yksinkertaiset laitteet | -Käyttöjännite alle 1,5V, virta alle 100mA ja teho alle 25mW |
| Yhteensopivuus | - Piirin laitteiden tulee olla EXI-hyväksytyjä (pois lukien yksinkertaiset laitteet) |
| Asennukset ja kaapelointi | - Kaapelin jännitelujuus 500VAC tai 750VDC - Vaaleansiniset kaapelit (ei saa sotkea nollajohtimeen) - Kaapelit omille hyllyille / kouruihin (paitsi jos käytetään parikierrettyä häiriösuojattua kaapelia) - Ei saa kytkeä sekaisin esimerkiksi EXD-laitteiden kanssa - Kaapelit voidaan asentaa - Kaapeleiden vapaat johtimet kytkettävä suojamaahan |
| Varmennus | - Sallittujen sähköisten arvojen varmennus - Kaapelipituuden määrittäminen |
| Pinta- ja ilmvälit | - EXI-piirien ja maan välinen etäisyys vähintään 3mm - EXI-piirien välillä vähintään 6mm - EXI-piirien ja muiden piirien välinen etäisyys vähintään 50mm |

6 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe varmistui helmikuussa 2021, kun AFRY tarjosi yhteistyössä Borealiksen kanssa aihetta räjähdysvaarallisiin tiloihin ja sen instrumentointiin liittyen. Työstäminen alkoi heti ja tavoitteena oli saada työ valmiiksi kesään mennessä, mutta erinäisten syiden takia työn valmiiksi saattaminen venyi marraskuulle asti. Suunnittelemalla prosessin etenemistä tarkemmin ja asettamalla välitavoitteita, olisi työ saatu ajallaan valmiiksi. Yhteistyö yritysten välillä sujui mutkattomasti. Koko opinnäytetyöprosessin aikana työtä arvioitiin, jotta saatiin aihealue pidettyä rajattuna keskittyen oleellisiin asioihin. Ongelmatilanteissa sai tukea työn tilaajilta.

Opinnäytetyössä vertailtiin räjähdyspaineen kestäväen rakenteen ja luonnostaan vaarattoman rakenteen eroja sekä niiden vaikutuksia instrumentointisuunnitteluun. Tämän lisäksi vertailun tuloksista ja standardeista saadun tiedon perusteella luotiin yleisohjeistus instrumentointisuunnittelun tueksi. Yleisohjeistuksen tarkoituksena on antaa aloittelevalle suunnittelijalle yleiskäsitys räjähdysvaarallista tiloista ja tilojen laitteiden valintaan vaikuttavista asioista sekä helpottaa ja nopeuttaa tiedonhakua. Työn tarkoitus ja tavoite saavutettiin ja räjähdysuojusrakenteiden (EXD ja EXI) erot ja vaikutukset instrumentointisuunnitteluun saatiin selvitettyä, vaikkakin tiedon etsiminen oli haastavaa ja aiempia tutkimuksia aiheesta ei juurikaan löytynyt. Valitsin tuloksien esittämistavaksi tekstin lisäksi taulukot, sillä ne ovat selkeitä sekä tulokset ovat niissä kiteytettynä ja helposti löydettävissä. Lisäksi taulukot auttavat olennaisen tiedon etsimisessä ja eivät tee työstä niin raskaslukuista.

Yleisohjeistuksesta tehtiin mahdollisimman yksinkertainen, lyhyt ja ytimekäs pikaopas aloittelevan instrumentointisuunnittelijan tai aiheesta muuten tietoa kaipaavan henkilön tueksi, sillä direktiivit ja standardit ovat raskaslukuisia ja laajuutensa vuoksi niistä on työstä etsiä tarvittavaa tietoa. Ohjeistuksen sisältö pohjautuu standardeihin ja yhdestä instrumentointisuunnittelun projektista saatuihin tietoihin. AFRY:n ja Borealiksen kokeneet työntekijät testasivat ja varmistivat ohjeen luotettavuuden. He totesivat ohjeistuksen olevan toimiva ja riittävän yksin-

kertainen. Mielenpitoja yleisohjeistuksesta olisi voinut kerätä suuremmalla otannalla yritysten sisältä, muun muassa käytännötyötä tekevilta suunnittelijoilta. Rajallisen ajan takia tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, eikä tämän vuoksi myöskään yleisohjeistukseen voitu sisällyttää kuin vain yhden projektin ja teollisuuden osa-alueen (petrokemian) vaikutuksia räjähdysvaarallisten tilojen instrumentointisuunnitteluun. Tutkimalla eri teollisuuden sektoreita ja niiden vaikutuksia, olisi ohjeistuksen laadusta saatu parempi.

Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää etsiessä tietoa tästä aiheesta sekä sen tuloksena syntyneitä yleisohjeistusta voivat molemmat yritykset käyttää ja sen avulla esimerkiksi uusien suunnittelijoiden tiedonhankinta ja aiheeseen perehtyminen helpottuu. Lisäksi tutkijalle syvällisempi perehtyminen ATEX-tilojen instrumentointisuunnitteluun antaa hyvät lähtökohdat uusien projektien läpivientiin ja tulevaisuuden haasteisiin.

6.1 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

EXD ja EXI ovat instrumentoinnissa yleisimmin käytetyt räjähdysuojusrakenteet. EXI-laitteita voidaan käyttää kaikissa tilaluokissa ja EXD-laitteita vain kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa 1 ja 2. Valinta räjähdysuojusrakenteiden välillä (EXD ja EXI) on pitkälti subjektiivista, sillä molempien rakenteiden mukana tulee luonnollisesti hyvät sekä huonot puolet. Luonnostaan vaarattomat piirit vaativat enemmän suunnittelutyötä erilaisten lisävaatimuksien takia, joita on kohtalaisen paljon verrattuna räjähdyspaineenkestävään rakenteeseen.

Työhön liitetyn projektin instrumenttien räjähdysuojusrakenteeksi valittiin EXD, sillä EXI-järjestelmien varmuuslaskennalta haluttiin välttyä. Lisäksi, jos EXI-laitteiden määrä olisi ollut suurempi, olisi jouduttu suunnittelemaan ja hankkimaan uusi EXI-laitekaappi kytkentöjä varten, sillä EXI-järjestelmiä ei saa kytkeä sekaisin muiden räjähdysuojusrakenteilla toteutettujen järjestelmien kanssa. Kuitenkin seitsemän instrumenttia toteutettiin EXI:nä Borealiksen toiveesta, sillä vanhojen magneettiventtiileiden rajakytkimet haluttiin hyötykäyttää. Lisäksi kolme mittalähetintä jouduttiin toteuttamaan myös EXI:nä, sillä nämä instrumentit kuuluivat

laitetoimittajan laitepakettiin, eikä niitä vaihdettu EXD-laitteiksi Borealiksen vaatimuksista huolimatta.

Jatkossa ohjeistusta pitää kehittää edelleen sekä laajentamalla lähtötietoaineistoa sekä testaamalla riittävän laajasti sitä käytännössä. Lähtötietoaineistoa voidaan laajentaa tutkimalla useampia erilaisia instrumentointisuunnittelun projekteja eri teollisuuden osa-alueilta. Tämän lisäksi ohjeistusta tulee testata uusilla suunnittelijoilla ja tutkia tarkemmin ohjeistuksen laatua ja toimivuutta. Tulevaisuudessa työn tilaajat pystyvät hyödyntämään ohjeistusta aloittelevien suunnittelijoiden perehdytyksessä.

Jatkotutkimuksena voisi tämän opinnäytetyön tuloksena tehdyn yleisohjeistuksen toimivuutta selvittää kyselytutkimuksen avulla suunnittelijoiden näkökulmasta. Kyselytutkimuksen voisi toteuttaa haastattelemalla tai luomalla sähköinen kysely. Tutkimustulosten perusteella saataisiin tietoa yleisohjeistuksen toimivuudesta sekä samalla pystyttäisiin kartoittamaan suunnittelijoiden koulutustarpeita ja kohdentamaan tarvittavat koulutukset näiden mukaan. Koulutustarpeiden perusteella voitaisiin myös laatia näihin vastaavia eri yleisohjeistuksia.

LÄHTEET

AFRY Finland Oy. 2008. ATEX-peruspaketti. Sisäinen asiakirja. Luettu 1.11.2021.

AFRY Finland Oy. 2021. Tietoa meistä. WWW-sivu. Luettu 24.5.2021.
<https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

Borealis Polymers Oy. 2021. Borealis konserni. WWW-sivu. Luettu 24.5.2021.
<https://www.borealisgroup.com/porvoo>

Euroopan Yhteisöjen Komissio. 2003. Hyviä käytäntöjä ohjeistus. Luettu 25.5.2021.
<https://eurlex.eropa.eu/LxUriServ/LxUriServ.do?uri=COM:2003:0515:FIN:FI:PDF>

Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

Nurmi, T. n. d. Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteiden standardit. SESKO ry. Luettu 8.10.2021.
https://www.sesko.fi/files/1205/Ex-tilojen_sahkoasennukset.pdf

Pepper+Fuchs, n. d. Räjähdyssuojaus. Suojaerotuskytkimet (Ex d). Luettu 1.11.2021. https://www.pepperl-fuchs.com/finland/fi/clasid_2776.htm?view=productgroupliterature

SFS-EN 60079-1:2014. 2015. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 1. Laitesuojaus käyttäen räjähdyspaineenkestävää rakennetta "d". Helsinki: Suomen Standardoimisliitto ry. Luettu 14.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60079-10-1:2021. 2021. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 10-1. Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksivaaralliset tilat. 3 painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 15.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>.

SFS-EN 60079-10-2:2015. 2015. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 10-2: Tilaluokitus. Pölyräjähdysvaaralliset tilat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 20.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60079-11:2011. 2012. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa-11. Laitesuojaus käyttäen luonnostaan vaaratonta rakennetta "i". Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 1.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>.

SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016. 2015. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 1.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>.

SFS-käsikirja 59. 2012. Räjähdyksvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. 5. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-käsikirja 604-1:2021. 2020. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 1: Määräykset, tilaluokitus ja sähkölaitteiden rakenteet. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Sulonen, R. 2013. Exi-laitteet ja niiden asennukset. Luento. VTT Expert Services Oy. Luettu 19.10.2021. Saatavissa: <https://docplayer.fi/18899244-Ex-kaapelit-ja-kaapelilapiviennit-ex-koteloiden-kalustus-risto-sulonen-vtt-expert-services-oy.html>

Työterveyslaitos. n. d. Räjähdyksvaaralliset tilat. WWW-sivu. Luettu 24.4.2021. <https://www.ttl.fi/vesihuoltolaitosten-tyoturvallisuus-opas/riskien-tunnistus-ja-hallintakeinot/tapaturmavaaralliset-tyot/rajahdysvaaralliset-tilat/>

Töyrylä, N. 2021. Sähkö- ja automaatiotiimin vetäjä. Haastattelu 10.10.2021. AFRY Finland Oy

LIITTEET

Liite 1. Yleisohjeistus



1(5)



Author
AFRY Finland Oy
Phone
-
Mobile
-
E-mail
-

Date
07/11/2021
Project
-

Client
Borealis Polymers Oy

Yleisohjeistus instrumentointisuunnittelun tueksi

Ex-tilat ja sähkölaitteet

Contents

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | SUUNNITTELUOHJEEN TARKOITUS | 4 |
| 2 | RÄJÄHDYSVAARAN SYNTYMINEN, TERMIT JA MÄÄRITELMÄT | 5 |
| 2.1 | ATEX-direktiivit (2014/34/EU ja 1999/92/EU)..... | 6 |
| 2.2 | Lyhenteitä ja termejä..... | 7 |
| 2.2.1 | Ex-tila | 7 |
| 2.2.2 | Ex-laite | 7 |
| 2.2.3 | EPL | 7 |
| 2.2.4 | Räjähdykelpoinen ilmaseos | 7 |
| 2.2.5 | Räjähdyksrajat (UEL ja LEL) | 7 |
| 2.2.6 | Tilaluokat | 7 |
| 2.2.7 | Laiteryhmät | 8 |
| 2.2.8 | Laiteluokat | 8 |
| 2.2.9 | Räjähdyksryhmä..... | 8 |
| 2.2.10 | Lämpötilaluokat / syttymisryhmät (T1-T6) | 8 |
| 2.2.11 | MESG..... | 9 |
| 2.2.12 | MIC..... | 9 |
| 3 | SÄHKÖLAITTEIDEN RÄJÄHDYSSUOJAUSRAKENTEET | 10 |
| 3.1 | EXI – Luonnostaan vaaraton rakenne | 10 |
| 3.1.1 | Vaatimukset..... | 11 |
| 3.1.2 | Hyödyt ja haitat..... | 13 |
| 3.2 | EXD – Räjähdyspaineenkestävä rakenne | 13 |
| 3.2.1 | Vaatimukset..... | 14 |
| 3.2.2 | Hyödyt ja haitat..... | 14 |
| 4 | LAITTEIDEN VALINTA | 16 |
| 4.1 | Valintatilaluokan perusteella | 16 |
| 4.2 | Valintalaiteryhmän perusteella | 17 |
| 4.3 | Valinta syttymisryhmän perusteella | 18 |
| 4.4 | Valinta muilla perusteilla..... | 19 |
| 5 | ATEX-KOODI | 19 |
| | LIITE 1. AIHEALUEEN STANDARDIT | 20 |

3(5)

Muutosluettelo

| Ver. | | Issued by | Checked by | Approval |
|------|----------------------|-----------|------------|----------|
| 1 | Yleisohjeistus pohja | E. Koso | S. Ko | N. Tö |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

4(5)

1 SUUNNITTELUOHJEEN TARKOITUS

Tämä ohjeistus on osa Eemil Koson Tampereen Ammattikorkeakoululle laadittavaa opinnäytetyötä. Ohjeistus on tarkoitettu sisäisesti AFRY Finland Oy:lle sekä Borealis Polymers Oy:lle.

Suunnitteluohjeen tarkoitus on antaa yleiskuva räjähdysvaarallisten tilojen instrumenttien suunnittelua, laitevalintaa ja asennuksia koskevista vaatimuksista ja ohjeista. Sisältö on yksinkertaistettu ja perustuu liitteen 1 standardeihin sekä Borealoksen projektin instrumentointisuunnitteluun.

Räjähdysvaarallisten tilojen ja niiden laitteiden vaatimukset ja ohjeistukset perustuvat ATEX-työolosuhdedirektiiviin 1999/92/EY ja ATEX-laitedirektiiviin 2014/34/EU.

5(5)

LIITE 1. AIHEALUEEN STANDARDIT

| Standardi | Suomenkielinen nimi (nimi lyhennetty) |
|--------------------|--|
| SFS-EN IEC 60079-0 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 0: Yleiset vaatimukset |
| SFS-EN 60079-1 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 1: Laitesuojaus, EXD |
| SFS-EN 60079-2 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 2: Laitesuojaus, EXP |
| SFS-EN 60079-5 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 5: Laitesuojaus EXQ |
| SFS-EN 60079-6 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 6: Laitesuojaus EXO |
| SFS-EN 60079-7 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 7: Laitesuojaus EXE |
| SFS-EN 60079-11 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 11: Laitesuojaus EXI |
| SFS-EN 60079-10-1 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 10-1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksivaaralliset tilat |
| SFS-EN 60079-10-2 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 10-2: Tilaluokitus. Pölyräjähdyksivaaralliset tilat |
| SFS-EN 60079-15 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 15: Laitesuojaus EXN |
| SFS-EN 60079-17 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito |
| SFS-EN 60079-18 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 18: Laitesuojaus EXM |
| SFS-EN 60079-25 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 25: Luonnostaan vaarattomat sähköjärjestelmät |
| SFS-EN 60079-26 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 26: EPL "Ga:n" laitteet |
| SFS-EN 60079-31 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 31: Laitesuojaus EXT |
| EN- 50945:2010 | Turva laitteet, jotka varmistavat laitteen turvallisen toiminnan Ex-tiloissa: |
| SFS-EN 60079-19 | Räjähdyksivaaralliset tilat – Osa 19: Laitteiden korjaus, huolto ja paikkaus |