



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juho Tapanainen

---

# **Atex-tilaluokituksien vaikutus sähköautomaation suunnitteluun**

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Juho Tapanainen

Työn nimi: Atex-tilaluokituksen vaikutus sähköautomaation suunnitteluun

Ohjaaja: Matti Perälä

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 33

Liitteiden lukumäärä:

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yritykselle Elomatic Oy. Yritys toimii suunnittelu- ja konsultointitoimistona maailmanlaajuisesti muun muassa tehdas-, laiva- ja mekaniikka-alalla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä räjähdysvaarallisiin tiloihin ja toteuttaa kyseisiin tiloihin liittyvästä sähköautomaatiosuunnittelusta salassa pidettävä ohjeistus organisaatiolle. Ohjeistuksessa otettiin huomioon projektivedolliset asiat, kuten aikataulut, taloudellisuus ja sisäistä toimintatapaa parantavat seikat.

Teoriaosuudessa tutustuttiin räjähdysvaarallisiin tiloihin, laitteisiin ja direktiiviin sekä niiden vaikutuksiin sähkö- ja automaatiosuunnittelussa. Työn osuus tehtiin teoriaosuuden pohjalta ja ohjeistuksessa käsiteltiin räjähdysvaarallisten tilojen kokonaisvaltaista huomioimista.

Työn tuloksena laadittiin toimeksiantajalle ohjeistus, jossa käsitellään räjähdysvaarallisia laitteita ja tiloja projektivedon ja -myynnin kannalta. Ohjeistus auttaa selventämään toimeksiantajan sisäisiä toimintatapoja, kommunikaatiota ja suunnitteluprosessia räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyvissä projekteissa. Laadittua ohjeistusta voidaan jatkotutkimuksella kehittää edelleen vastaamaan vielä paremmin toimeksiantajan tarpeisiin.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Juho Tapanainen

Title of thesis: The Impact of Atex Area Classifications on electrical automation design

Supervisor: Matti Perälä

Year: 2023

Number of pages: 33

Number of appendices:

---

The thesis was conducted for Elomatic Oy. The company operates globally as a design and consulting firm in various fields such as manufacturing-, marine-, and mechanical engineering.

The aim of the thesis was to introduce information about hazardous areas and to provide confidential guidelines for the organization regarding the related electrical automation design. The guidelines considered project-related aspects such as scheduling, cost-effectiveness, and factors that improve internal operations.

The theoretical part introduced hazardous areas, equipment, and directives, as well as their impact on electrical and automation design. The practical part was based on the theoretical part, and the guidelines handled the comprehensive consideration of hazardous areas.

As the result of the thesis, guidelines were developed for the client, covering hazardous equipment and areas from a project and sales perspective. The guidelines help to clarify the client's internal operations, communication, and design processes in projects related to hazardous areas.

Keywords: Atex, Ex-device, hazardous area

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 Johdanto .....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne .....	8
1.4 Yritysesittely .....	9
2 Räjähdyssvaaralliset tilat.....	10
2.1 ATEX-Direktiivi .....	11
2.2 Tilaluokitukset.....	12
2.3 Tilaluokitusten muodostuminen ja minimointi .....	14
2.4 Räjähdyssvaaralliset aineet ja syttyminen.....	15
2.5 Päästölähteet .....	16
2.6 Räjähdyssuojasiasiakirja.....	17
3 Ex-laitteiden direktiivi ja määrittely.....	19
3.1 Laiteryhmät, -luokitukset ja räjähdysryhmät .....	20
3.2 Räjähdyssuojataso (EPL).....	23
3.2.1 Ryhmä I.....	24
3.2.2 Ryhmä II .....	25
3.2.3 Ryhmä III .....	25
3.3 Sähkölaitteiden räjähdysuojarakenteet.....	26
3.3.1 Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne “d” .....	26
3.3.2 Paineistettu rakenne “p” .....	27
3.3.3 Öljytäytteinen rakenne “o” .....	27
3.3.4 Varmistettu rakenne “e” .....	27
3.3.5 Hiekkatäytteinen rakenne “q” .....	28

3.3.6 Luonnostaan vaaraton rakenne "i" .....	28
3.3.7 Suojarakenne "n" .....	29
3.3.8 Massavalurakenne "m" .....	30
3.3.9 Pölyräjähdysvaarallisten tilan tiivis kotelo "t" .....	30
3.3.10 Erikoisrakenne "s" .....	30
4 Yhteenveto ja pohdinta .....	31
LÄHTEET .....	32

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Räjähdyksvaarallisen tilan varoitusmerkki .....	11
Kuvio 2. Räjähdyksalue ja syttymisrajat visualisoituna .....	16
Kuvio 3. Ex-laitemerkintä .....	19
Taulukko 1. Esimerkkejä eri toimialojen räjähdysvaarallisista prosesseista.....	10
Taulukko 2. Tilaluokkien määrittely kaasuihmaseoksille .....	12
Taulukko 3. Tilaluokkien määrittely pölyilmaseoksille .....	13
Taulukko 4. Päästölähteet luokiteltuna tilaluokissa .....	16
Taulukko 5. Lämpötilaluokat ja maksimaaliset pintalämpötilat.....	20
Taulukko 6. Tilaluokat ja niihin soveltuvat laiteluokat.....	22
Taulukko 7. Räjähdyksryhmien ja laiteryhmiin soveltuvuus.....	22
Taulukko 8. Laiteryhmät, luokat ja EPL-suojastusasteiden soveltuvuus.....	24

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>ATEX-direktiivi</b>	Euroopan unionin direktiivi koskien räjähdysvaarallisia tiloja ja niiden laitteita.
<b>ATEX</b>	ATmosphères EXplosives eli räjähdysvaarallinen ympäristö.
<b>EPL</b>	Equipment Protection Level eli räjähdysuojataso.
<b>EX-laite</b>	ATEX-tilassa käytettävä laite.
<b>NLF</b>	New Legislative Framework eli lainsäädäntökehys.
<b>SFS-EN</b>	Euroopassa ja Suomessa vahvistetun standardin tunnus.
<b>SIA</b>	Sähkö, instrumentointi ja automaatio.

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Elomatic Oy. Työn aiheena on räjähdysvaarallisten tilojen huomioiminen ja niihin perehtyminen sähkö- ja instrumentointisuunnittelussa projektivedon ja teknisen myynnin kannalta. Räjähdysvaaralliset tilat ovat jatkuvasti esillä eri projekteissa, ja toimeksiantaja toivoo selkeytystä ja täydennystä tälle osa-alueelle. Työssä otetaan huomioon nimenomaan räjähdysvaarallisten tilojen suunnittelun aikataulutus, riskit, taloudellinen hyöty ja tekninen toteutus projektivedon ja -myynnin kannalta.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on tutustua toimeksiantajan asiakkaiden projektien Atex-tilojen monipuoliseen huomioimiseen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa ja selvittää prosessin ongelmakohdat. Tämän pohjalta on tarkoituksena laatia selvitys aiheesta ja muodostaa yhteistyöorganisaatiolle konkreettinen ohjeistus, joka on salassa pidettävä. Ohje parantaa organisaation sisäistä toimintatapaa räjähdysvaarallisten tilojen kannalta. Toimeksiantajan tavoitteena on selvittää myynnille räjähdysvaarallisten tilojen vaatimukset ja se, mitä niissä pitää ottaa huomioon. Prosessisuunnittelun ohessa kyseisiä tiloja esiintyy paljon, ja organisaatiossa on epäkohtia myynnin ja teknisen toteutuksen välisessä kommunikaatiossa räjähdysvaarallisten tiloista. Työstä laadittu ohjeistus tulee käyttöön tulevaisuuden projektisuunniteluissa ja organisaation teknisen myynnin tueksi.

## 1.3 Työn rakenne

Työn johdannossa kerrotaan työn taustasta, tavoitteista ja yritysesittelystä. Toisessa luvussa käydään läpi teoriaa Atex-direktiiveistä, tilaluokituksista ja niiden muodostumisesta. Luvussa kolme käydään läpi Ex-laitteiden määrittelyä ja teoriaa. Luvussa neljä on yhteenveto ja pohdinta. Liitteenä oleva työn loppuosa ja ohjeistus on salassa pidettävä eikä sitä julkaista.



## 1.4 Yritysesittely

Elomatic Oy on suomalainen suunnittelu- ja konsultointitoimisto, jonka perusti vuonna 1970 Ari Elo (Elomatic, i.a.-a). Yritys työllistää yli 1000 henkilöä. Yrityksellä on toimipisteitä Turussa, Oulussa, Tampereella, Helsingissä ja Jyväskylässä. Yrityksen toimistoja on myös Puolassa, Hollannissa, Intiassa, Kiinassa, Italiassa ja Yhdistyneissä Arabiemiirikunnissa. Yrityksen päätoimisto sijaitsee Turussa. Elomatic tarjoaa suunnittelu-, konsultointi-, tuotekehitys- ja projektinhallintapalveluita sekä tuotteita ja kokonaisratkaisuja teollisuusyrityksille sekä julkisen sektorin organisaatioille. Elomatic Oy:n sisaryhtiö Cadmatic Oy lanseerasi 1980-luvulla Cadmatic 3D -suunnitteluohjelman, joka on konsernin tunnetuin tuote.

Elomatic Oy tarjoaa asiakkailleen Atex-tiloihin liittyviä palveluita, kuten räjähdysuojausasiakirjoja, räjähdyspanielaskelmia, laitekohtaisia vaaranarviointia, tilaluokituksia, laitteiden vaatimustenmukaisuuden arviointia, paineenpurkulaskelmia ja syttymisen minimoivia menetelmiä räjähtävissä ilmaseoksissa (Elomatic, i.a.-b). Lisäksi tarjolla on menetelmiä, jotka minimoivat räjähdysten mahdollisten seurausten vaikutukset.

## 2 Räjähdyksvaaralliset tilat

Palava kaasu, sumu, höyry tai pöly yhdistettynä normaalipaineisen ilman kanssa luo räjähdysvaarallisen ilmaseoksen (Tukes, räjähdysvaaralliset tilat, i.a.-a). Tilaa, jossa tätä ilmaseosta esiintyy, kutsutaan räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Näissä tiloissa käsitellään kaasuja, syttyviä nesteitä tai pölyjä. Räjähdyksvaarallisia tiloja esiintyy useilla eri toimialoilla, kuten energian tuotannossa tai kaasunjakelussa. Kyseisten tilojen käyttötarkoitus vaihtelee paljon. Alla olevasta taulukossa 1 löytyy esimerkkejä toimialoista ja niistä koituvista räjähdysvaaroista.

Taulukko 1. Esimerkkejä eri toimialojen räjähdysvaarallisista prosesseista (Tukes, 2017, s. 7).

Toimiala	Esimerkki räjähdysvaarasta
Kemian teollisuus	Kemian teollisuudessa käytetään monenlaisissa prosesseissa palavia kaasuja, nesteitä ja kiinteitä aineita. Näiden prosessien yhteydessä voi syntyä räjähdysvaarallisia seoksia.
Kaatopaikat ja maanrakennus	Kaatopaikoilla voi syntyä palavia kaatopaikkakaasuja, esim. metaania. Eri lähteistä peräisin olevia palavia kaasuja saattaa kerääntyä riittämättömästi tuuletettuihin tunneleihin, kellareihin jne.
Energian tuotanto	Hiilestä voi syntyä murskauksen ja muun mekaanisen käsittelyn aikana hiilipölyä, josta voi muodostua räjähdyskelpoinen pölyn ja ilman seos.
Jätevesihuolto	Käsiteltäessä jätevesiä puhdistamoissa syntyy mädätyskaasuja, joista voi muodostua räjähdyskelpoisia kaasun ja ilman seoksia.
Kaasunjakelu	Maakaasun vapautuminen ilmaan vuotojen tai muiden syiden vuoksi voi aiheuttaa räjähdyskelpoisia kaasun ja ilman seoksia.

Työturvallisuuslainsäädäntö velvoittaa työsuojeluviranomaisia valvomaan räjähdysvaarallisia tiloja osana heidän valvontaansa (Tukes, 2015, s. 3). Laitoksia, joissa esiintyy vähäistä räjähdysvaarallisten kemikaalien käsittelyä, valvovat pelastusviranomaiset. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) valvoo lainsäädännön toteutumista niissä laitoksissa, joissa harjoitetaan normaalia laajempaa räjähdysvaarallisten kemikaalien ja pölyjen käsittelyä.

## 2.1 ATEX-direktiivi

ATEX-nimitystä käytetään Euroopan yhteisön ja unionin direktiiveistä 2014/34/EU (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (työolosuhdedirektiivi). Direktiivit koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä ja niissä käytettäviä laitteita. ATEX-termi tulee ranskan kielen sanoista *ATmosphères EXplosibles* (Tukes, räjähdysvaaralliset tilat, i.a.-a).

ATEX-laitedirektiivi luotiin varmistamaan markkinoilla olevien ja markkinoille tulevien tuotteiden turvallisuus (Tukes, räjähdysvaarallisten tilojen laitteet, i.a-b). Direktiivin tavoite on laitteiden turvallinen toimivuus käytössä ja ennakoitavissa virhetilanteissa. Räjähdysvaarallisiin tiloihin suunniteltujen laitteiden valmistaja on vastuussa siitä, että laite, suojausjärjestelmä tai muu komponentti on turvallinen ja ATEX-laitedirektiivin vaatimusten mukainen. Myös ohjaus-, säätö- ja turvalaitteet, jotka ovat välttämättömiä turvaamaan suojajärjestelmien ja laitteiden toiminnan, kuuluvat direktiivin mukaiseen soveltamiseen, vaikka ne eivät ole sijoitettuna räjähdysvaaralliseen tilaan.

Työnantajan tehtävä on suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelevien työntekijöiden terveyttä ja turvallisuutta (Työsuojelu, 2020). ATEX-työolosuhdelainsäädökset koskevat kaikkia niitä työnantajia, joiden työntekijät toimivat räjähdysvaarallisten tilojen kanssa. Tämä sisältää myös rakennuttajat ja suunnittelijat. Räjähdysvaarallisten aineiden esiintyminen vaatii toimenpiteitä työn ohjeistuksessa ja järjestelyssä. Kyseisiin tiloihin pitää laatia räjähdysuojausasiakirja osana turvallisuusmenettelyä. Tilojen yhteydessä täytyy olla kuvion 1 mukainen varoitusmerkki räjähdysvaarallisesta tilasta.



Kuvio 1. Räjähdysvaarallisen tilan varoitusmerkki (Tukes, 2015, s. 16).

Räjähdyksvaarallisten tilojen sisäänkäyntien tai alueiden yhteydessä on oltava kolmiomuotoinen varoitusmerkki, joka sisältää mustat kirjaimet, keltaisen taustan ja mustan reunuksen (Tukes, 2015, s. 16). Keltaisen osuuden on peitettävä vähintään 50 prosenttia merkin pinta-alasta.

## 2.2 Tilaluokitukset

Tilaluokituksella tarkoitetaan luokitusjärjestelmää, jota käytetään sellaisten tilojen luokitteluun, joissa voi esiintyä räjähdysvaarallisia kaasu- tai pölyilmaseoksia. Luokitus tehdään standardien mukaisesti (Tukes, 2017, s. 15). Standardin SFS-EN 60079-10-1 (Suomen Standardisoimisliitto (SFS), 2021, s. 16) mukaan tilaluokituksen tarkoituksena on arvioida räjähdysvaarallisen aineen esiintymisen laajuus ja vaarallisuus, joiden avulla tilat voidaan luokitella. Luokituksen avulla voidaan valita oikeanlaiset laitteet. Tämä auttaa kyseisen tilan laitteiden käytön ja asentamisen turvallisuuden varmistamisessa. Tilaluokkia on määritelty kolme räjähdysvaarallisen kaasun esiintymiselle ja toiset kolme tilaluokkaa räjähdysvaarallisen pölyn esiintymiselle (mts. 11). Tilaluokat on määritelty alla olevissa taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Tilaluokkien määrittely kaasuilimaseoksille (Tukes, 2017, s. 16).

<b>Tilaluokka 0</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein</b> .
<b>Tilaluokka 1</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>normaalitoiminnassa satunnaisesti</b> .
<b>Tilaluokka 2</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalioloissa on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen ajan</b> .

Tilaluokka 0 on yleensä käytössä vain säiliöiden tai laitteiden (esim. haihduuttimen) sisällä, mutta luokan ehdot voivat täytyä myös tuuletusaukkojen läheisyydessä (Euroopan Yhteisöjen asetus (EY) 1999/92). Tilaluokan 1 ehdot täyttyvät yleensä 0-luokan lähiympäristössä tai täyttöaukkojen ympäristössä. Myös laitteiden tai prosessien muut kohdat, joissa on

tiivistysholkkeja tai käytetty jotain muuta mekaanista tiivistämistä, täyttävät tilaluokan määritelmän. Tilaluokka 2 todetaan yleensä tilaluokan 0 tai 1 lähiympäristöön ns. varmentamaan aluetta.

Taulukko 3. Tilaluokkien määrittely pölyilmaseoksille (Tukes, 2017, s. 16).

<b>Tilaluokka 20</b>	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkäaikaisesti ja usein</b>
<b>Tilaluokka 21</b>	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>normaalitoiminnassa satunnaisesti.</b>
<b>Tilaluokka 22</b>	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalioloissa on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen ajan.</b>

Tilaluokan 20 ehdot täyttyvät yleensä vain laitteiden sisällä, kuten myllyissä, kuivureissa, sekoittimissa, kuljetusputkistoissa, silloissa ja muissa vastaavissa tiloissa, joissa voi jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein syntyä vaarallisia määriä pölyräjähdyskelpoisia seoksia (Euroopan Yhteisöjen asetus (EY) 1999/92). Tilaluokan 21 tilat ovat yleensä pölynpoisto- tai täyttöasemien lähialueet sekä tilat, joissa esiintyy pölykertymiä ja joissa normaalitoiminnan aikana voi satunnaisesti muodostua ilman ja palavan pölyn räjähdyskelpoisia seoksia. Tilaluokan 22 alueet koskevat normaalisti tilanteita, joissa pölyä saattaa nousta pyörteinä ilmaan. Esimerkiksi puutteellinen tiivistys prosessin laitteissa saattaa aiheuttaa normaalitilanteista poikkeavia kertymiä.

Usein on vaikeaa päätellä, mihin kolmesta tilaluokasta mahdollinen tila kuuluu (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 18). Yleensä yksityiskohtaisempi menettely, jossa analysoidaan kaasuilhmaseoksen esiintymistodennäköisyyttä, on tarpeellinen. Alustavien prosessi- ja instrumentointikaavioiden sekä laitossuunnitelmien tilaluokitukset tulee tehdä heti sen jälkeen, kun luokituksen todentamiseen vaadittavat dokumentit ovat saatavilla. Tilaluokituksen arviointiin kuuluu päästöjen määrä, tyyppi, olosuhteet ja sijainti. Kaasun pitoisuuslaskelmat voivat myös toimia perustana tilaluokitukselle. Olennaiset alueet ja olosuhteet tulee määrittellä kokonaisarviointinnissa.

Suomessa on yleisesti käytetty SFS-käsikirjan 59 esimerkkejä tilaluokitusten tekemiseen (Tukes, 2017, s. 15). Käsikirjassa annetaan esimerkkejä melkein kaikkiin tapauksiin.

Tilaluokituksien tekemisen apuna on myös standardi SFS-EN 60079-10-1. Standardien suuntaa antavat esimerkit tilaluokituksista on yleensä arvioitu yläkanttiin. Tämän myötä laitevaatimukset voivat tiukentua, mikä on turvallisuuden varmistamisen kannalta hyvä asia.

### 2.3 Tilaluokitusten muodostuminen ja minimointi

Tavoitteena on välttää räjähdysvaarallisten tilojen muodostuminen, mutta tämä ei ole aina mahdollista, kun käsitellään räjähdysvaarallisia aineita (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 14). Laitteistot, jotka käsittelevät ja varastoivat palavia aineita, tulee suunnitella ja rakentaa ja niitä pitää käyttää ja ylläpitää siten, että palavien aineiden päästöt ovat mahdollisimman vähäiset normaali- ja poikkeustilanteissa. Samalla räjähdysvaarallisten tilojen laajuus on pidettävä mahdollisimman pienenä. On tärkeää tarkastella niitä osia prosessilaitteista ja -järjestelmistä, joista palavan aineen päästöjä voi tapahtua, ja harkita rakenteen muuttamista niin, että päästöjen todennäköisyys, taajuus ja määrä ovat mahdollisimman pienet. Nämä arvioinnit tulee suorittaa jokaisen laitosprosessin suunnittelun aikana, ja ne tulee ottaa huomioon tilaluokituksessa ensisijaisesti. Jos tämä ei ole mahdollista, suojatoimet, prosessilaitteet, järjestelmät ja menetelmät tulee valita ja varustaa niin, että räjähdyskelpoisen kaasuilmaseoksen ja syttymislähteiden samanaikainen esiintymistodennäköisyys on hyväksyttävän alhainen käytännössä.

Tilaluokan 0 tai 1 alueiden lukumäärää ja laajuutta tulisi erityisesti minimoida joko suunnittelun tai käyttötavan avulla (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 15). Laitoksien ja asennusten tulee pääasiassa olla räjähdysvaaratonta tai tilaluokkaa 2. Esimerkiksi suljettu prosessilaitteisto minimoi mahdollisen tilaluokituksen. Jos palavien aineiden päästöjä ei voi välttää, prosessilaitteisto tulisi rajoittaa sisältämään vain sekundäärisiä päästölähteitä. Jos taas jatkuvia tai primäärisiä päästölähteitä ei voi välttää, päästöjen tulee olla vähäisiä ja harvinaisia. Nämä periaatteet on ensisijaisesti ottava huomioon laitossuunnittelussa.

Suunnittelun etenemisen kannalta on tärkeää vahvistaa tilaluokitukset, kun alustavat prosessi- ja instrumentointikaaviot sekä alustavat laitossuunnitelmat ovat saatavilla (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 21). Mahdollisessa tilanteessa, jossa kohde voi päästää palavaa ainetta ympäristöön, tulee ensisijaisesti päättää päästölähteen luokka tai luokat määritelmiensä mukaisesti arvioimalla päästön todennäköinen taajuus ja kesto aika. Tämä tarkoittaa sitä, että suljetun prosessilaitteen jonkin osan avaamista, kuten suodattimen vaihtoa, on pidettävä

päästölähteenä. Näin ollen jokainen päästölähde voidaan luokitella joko *jatkuva*, *primääriksi* tai *sekundääriksi*.

Minimoimalla päästöjä ja laimentamalla niitä voidaan saavuttaa tilanne, jossa 0-luokan tila voidaan muuttaa 1-luokan tilaksi tai 1-luokan tila voidaan muuttaa 2-luokan tilaksi (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 24). Tilaluokkaan vaikuttaa eniten päästölähteen luokka sekä ilmanvaihdon tehokkuus. Sisätiloissa, joissa on räjähdysvaara, on tärkeää olla ilmanvaihto, joka auttaa hajaannuttamaan kaasuja ja höyryjä ympäristöön. Kaasupäästöt laimenevat, kun ne sekoittuvat ilman kanssa, ja jos tila ei ole tiivis, kaasu hajaantuu kokonaan ja pitoisuus laskee nolllaan. Koneellinen tai luonnollinen ilmanvaihto edistää ilman liikettä ja hajaannusta. Sopivalla ilmanvaihdolla voidaan vähentää räjähdyskelpoisen kaasuilmasoksen esiintymisaikaa ja vaikuttaa siten tilaluokitukseen. Päästön laimenemisen tehokkuus riippuu paitsi ilmanvaihdosta, mutta myös itse päästön luonteesta ja kaasupäästön tyypistä (mts. 27). Esimerkiksi nopeudeltaan hidas päästö voidaan helposti pienentää ilmanvaihdon tehostamisella, kun taas nopeudeltaan suuri päästö on vaikeampi hallita ilmanvaihdon keinoin.

## 2.4 Räjähdysvaaralliset aineet ja syttyminen

Vaaraa aiheuttavat aineet tulisi aina huomioida siten, että mahdolliset riskit voitaisiin poistaa (Tukes, 2015, s. 9). Räjähdysvaaran arviointi tehdään erikseen jokaiselle toiminta- ja työprosessille kokonaisvaltaisesti. Räjähdysvaaraa arvioidessa selvitetään, onko prosessissa mukana palavia aineita. Yhden palavan aineen läsnäolo riittää, vaikka aine muodostuisi välillisesti tai lopputuotteessa. Palavan aineen pitoisuus ja syttymisominaisuudet pitää ottaa arvioinnissa huomioon. Todistettuja syttymislähteitä räjähdysvaarallisille aineille ovat mm. kuumat pinnat, liekit, kaasut, tai hiukkaset, mekaaniset kipinät, itsesytyminen, paineiskut, sähkölaitteet, staattinen sähkö, salama, ultraäänit, sähkömagneettiset aallot, ionisoiva säteily ja lämpöä synnyttävät reaktiot (Korhonen, 2023).

Ylempi syttymisraja UEL (Upper Explosive Limit) ja alempi syttymisraja LEL (Lower Explosive Limit) tarkoittavat seoksen pitoisuuden räjähdysalueen rajoja (Tukes, 2017, s. 12). Seoksen pitoisuuden ollessa alarajan alapuolella seos on liian laihaa syttyäkseen. Pitoisuuden ollessa ylärajan yläpuolella seos on puolestaan liian rikasta siihen. Jokaiselle palavalle aineelle nämä rajat on todettu normaalipaineessa ja 20 °C lämpötilassa. Kuvassa 3 on visualisoitu syttymisrajat.



Kuvio 2. Räjähdyalue ja syttymisrajat visualisoituna (Tukes, 2018, s. 11).

Räjähdyalue sijaitsee näiden ylemmän syttymisrajan ja alemman syttymisrajan välissä. Mitä alhaisempi syttymisraja on, sitä pienemmällä pitoisuudella aine aiheuttaa räjähdysvaaran ja sitä laajempi alue on tilaluokiteltava (Tukes, 2018, s. 11). Räjähdyksivaarallisten tilojen luokituksissa tilaluokka määräytyy räjähdyskelpoisen ilman, pölyn, sumun tai kaasun läsnäolon perusteella eikä edellytä mahdollisen syttymislähteen esiintymistä (Tukes, räjähdysvaaralliset tilat, i.a.-a). Pelkästään räjähdyskelpoisen aineen esiintyminen riittää siihen, että tila pitää luokitella.

## 2.5 Päästölähteet

Päästölähteellä tarkoitetaan paikkaa, josta kaasua, sumua tai nestettä vapautuu ympäristöön. Räjähdyksikelpoinen kaasuilmaseos muodostuu, kun päästölähteestä vapautuvat aineet sekoittuvat ilman kanssa (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 48). Taulukossa 4 on esitetty, miten eri tilaluokissa päästölähteet on luokiteltu.

Taulukko 4. Päästölähteet luokiteltuna tilaluokissa (SFS-EN 60079-10-1, 2021, s. 48).

Päästölähdeluokka			
Aukon luokka	Tilaluokka 0	Tilaluokka 1	Tilaluokka 2
"A"	Jatkuva	Primäärinen	Sekundäärinen
"B"	Primäärinen	Primäärinen	Sekundäärinen
"C"	Sekundäärinen	Sekundäärinen	Ei päästöä
"D"	Sekundäärinen	Ei päästöä	Ei päästöä



Päästölähteen luokitukset on standardin SFS 60079-10-1 (Suomen Standardisoimisliitto (SFS), 2021, s. 48) mukaan määritelty seuraavasti. *Jatkuva päästölähde* on jatkuva päästö, ja sen odotetaan esiintyvän toistuvasti. Kyseiset päästöt johtavat tilaluokkaan 0. *Primäärinen päästölähde* on toistuva tai satunnainen päästö normaalitoiminnassa. Primääriset päästölähteet luokitellaan tilaluokkaan 1. *Sekundäärinen päästölähde* on lyhytaikainen päästö, eikä sen odoteta esiintyvän normaalitilanteessa. Kyseinen päästölähde johtaa tilaluokkaan 2. Päästölähteet on tärkeää tunnistaa, jotta tilaluokituksen tekeminen ja sen kokonaisvaltainen arviointi voidaan tehdä mahdollisimman hyvin ja näin varmistaa tilan turvallisuus standardin mukaisesti.

Aukkojen luokat on määritelty arvioinnin takia. Standardin SFS-EN 60079-10-1 (SFS, 2015, s. 43) mukaan aukot jaetaan A-, B-, C- ja D-luokkiin niiden piirteiden mukaan. A-luokituksen aukon määritelmä tarkoittaa, että sitä avataan usein tai se on avoin. B-, C- ja D-luokan aukot ovat normaalisti suljettuja, mutta niiden määrittely vaihtelee tapauskohtaisesti ja niitä on tarpeen vaatiessa sovitettava käyttökohteen mukaan.

## 2.6 Räjähdyssuojasiasiakirja

Räjähdyssuojasiasiakirjan laatiminen on keskeinen vaatimus, jos prosessin aikana esiintyy räjähdyskelpoista ilmaseosta (Tukes, räjähdysvaaralliset tilat, i.a.-a). Asiakirja on kriittinen turvallisuuden kannalta. Valtionneuvoston toimesta sitä vaaditaan, ja pelastuslaitos voi joissain tapauksissa vaatia asiakirjan näkemistä ennen tilan käyttöönottoa. Ennen räjähdysvaarallisen tilan työn aloittamista on laadittava räjähdysuojasiasiakirja ja se on tarkistettava sekä pidettävä ajan tasalla tilan, työvälineiden tai työjärjestelyjen muutoksissa.

Räjähdyssuojasiasiakirjan kaiken kattavassa sisällössä tulee esittää tilassa toimivien työntekijöiden määrä ja tilojen vastuuhenkilöiden nimet sekä turvallisuustoimenpiteiden ja räjähdysuojasiasiakirjan toteutuksen ja päivittämisen vastuuhenkilöt (Tukes, räjähdysvaaralliset tilat, i.a.-a). Myös käytettävät räjähdysvaarallisia seoksia muodostavat aineet, olosuhteet, joissa räjähdysvaara esiintyy ja mahdolliset syttymislähteet luetteloituna täytyy esittää asiakirjassa. Myös luettelo räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksytyistä työvälineistä ja räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävistä laitteista täytyy esittää asiakirjassa. Jatkuvuuden kannalta laitteiden ja aineiden luetteloitus on tärkeää. Laitteiden ja käytettävien

aineiden luettelointia voidaan referoida, kun alueelle tehdään muutos- tai kunnossapitotöitä. Näin voidaan auttaa kyseisissä muutostöissä.

Räjähdyssuojausasiakirjassa täytyy myös havainnollistaa räjähdysvaarallisten tilojen luokitukset. Tämä yleensä tapahtuu tilaluokituskuvilla, mutta jos asiakirjaan voidaan selitettynä havainnollistaa alueet, ei kuvia vaadita (Tukes, räjähdysvaaralliset tilat, i.a-a). Asiakirjassa tulee havainnollistaa kaikki alueet, joissa esiintyy räjähdysvaarallisia tiloja. Alueen pohjapiirustus sekä tilan poistumistiet pitää myös esittää. Asiakirjasta täytyy myös löytyä riskien menettelytavat ja tulokset riskinarvioinnista. Tämä on tärkeä osa turvallisuuden varmistamista. Asiakirjassa tulee esittää myös räjähdysuojaustoimenpiteiden selvitykset sisältäen mm. työohjeet, tilojen merkitsemisen ja työntekijöiden kouluttamisen.

### 3 Ex-laitteiden direktiivi ja määrittely

Säädöksissä määriteltyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten tulee täytyä räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden osalta (SFS-Käsikirja 604–1, 2018, s. 9).

ATEX-laitedirektiivi on osa NLF-direktiiviä ja sen peruseriaate on, että turvallisuusvaatimukset voidaan täyttää noudattamalla yhdenmukaistettuja standardeja, joihin kuuluu laitteen suunnittelu, rakentaminen ja testausmenettelyt. Valmistajat voivat valmistaa ja myydä ATEX-tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita ja järjestelmiä vain, jos ne täyttävät ATEX-laitesäädösten vaatimukset.

Käytettävien laitteiden tulee täyttää tilaluokan asettamat vaatimukset (Tukes, 2017, s. 19). On myös mahdollista, että laitteilla ei ole muuta yhteyttä palaviin aineisiin kuin se, että ne sijaitsevat luokitellussa tilassa tai tuodaan sinne huoltotöitä varten. Tyypillisesti tällaisia prosessiin kuulumattomia laitteita ovat esimerkiksi valaisimet ja sähkötyökalut. Laiteluokituksessa otetaan huomioon tilaluokat, joissa laitteet sijaitsevat tai joihin ne saatetaan viedä, sekä tilaluokituksen perusteena olevien aineiden räjähdysryhmät ja lämpötilaluokat. ATEX-laitedirektiivistä ja siihen liittyvistä yhdenmukaistetuista standardeista selviää, minkä luokan laitteita saa käyttää eri tilaluokissa. Tilaluokassa sallittu laiteluokka esitetään Ex-laitemerkinnässä. Kuviossa 3 on havainnollistettu laitemerkintä.



Kuvio 3. Ex-laitemerkintä (Tukes, 2017, s. 19).

Merkintävaatimuksen (1139/2016) mukaan merkinnässä on oltava valmistajan nimi, rekisteröity tuotenimi, valmistusvuosi, erityinen räjähdysturvallisuuden merkintä, laiteryhmän ja laiteluokan tunnuksat, CE-merkintä ja laitoksen tunnusnumero (Tukes, 2017, s. 19.). Lisäksi merkinnässä on ilmoitettava tarvittavat tiedot käyttöturvallisuutta koskevien vaatimusten

täyttämiseksi, kuten lämpötilaluokka. Merkintään määritellään myös aine- tai pölykohtaiset vaatimukset, kuten räjähdysryhmä ja syttymisryhmä.

On olemassa laitteita, jotka luokitellaan erikoislaitteiksi (SFS-käsikirja 604–1, 2018, s. 291). Kyseiset laitteet on suunniteltu käytettäväksi normaalin lämpötila-alueen ulkopuolella. Tällaisessa laitteessa täytyy merkitä maksimipintalämpötila. Erikoislaitteet määritetään ottaen huomioon ympäristön lämpötilan ja tarvittaessa ulkoisen, maksimitehoisen lämmittävän rakenteen vaikutus. Normaalin ympäristön lämpötila-alueella (-20°C...+40°C) käytettävä laite ei vaadi erillistä lämpötilamerkintää (T<sub>amb</sub>). Taulukosta 5 nähdään laitteiden lämpötilaluokat ja niiden maksimaaliset pintalämpötilat.

Taulukko 5. Lämpötilaluokat ja maksimaaliset pintalämpötilat (SFS-EN 60079-0, 2019, s. 38).

Laitteen suurin sallittu lämpötila, °C	Lämpötilaluokka	Sallitut lämpötilaluokat
85°C	T6	T6
100°C	T5	T5-T6
135°C	T4	T4-T6
200°C	T3	T3-T6
300°C	T2	T2-T6
450°C	T1	T1-T6

T6 on kaikista tiukin luokka, jossa maksimaalinen pintalämpötila laitteessa voi nousta enintään 85 celsiusasteeseen (Korhonen, 2023). Tiukemman luokan laitteita voi käyttää kevyemmissä luokissa, T6-luokan laitteita voi käyttää kaikissa sitä pienemmissä luokissa, T5-luokan laitteita voi käyttää sitä pienemmissä luokissa, mutta ei T6-luokassa jne.

### 3.1 Laiteryhmät, -luokitukset ja räjähdysryhmät

Tilaluokan ja sovellettavan laitteen vaatimukset pitää olla tiedossa (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 33). Turvallisten sähkölaitteiden valintaan edellytetään räjähdysvaarallisen tilan luokitus ja sen räjähdysuojaustason vaatimukset sekä räjähdysvaarallisen aineen luokitus ja syttymislämpötila. Sähkölaitteen käyttöön selvitetään laite- tai alaryhmä, lämpötilaluokka ja käyttötapa sekä ulkoiset olosuhteet ja lämpötila.

Laitteet jaetaan laiteryhmiin sen mukaan, missä laitetta on tarkoitus käyttää ja mitä räjähdyskelpoista ilmaseosta voi esiintyä. Käytössä on kaksi laiteryhmää:

**Laiteryhmä I:** laitteet on tarkoitettu käytettäväksi maanalaisissa kaivostöissä ja kaivosten maanpäällisissä osissa, joissa voi altistua kaivoskaasuille tai syttyvälle pölylle. Ryhmän I laitteet jaetaan kahteen laiteluokkaan M1 ja M2 (SFS-Käsikirja 604–1, 2018, s. 8). Ryhmän I laitteilla ei ole tämän työn kannalta merkitystä, eikä niitä käsitellä tarkemmin tässä työssä.

**Laiteryhmä II:** laitteet on tarkoitettu käytettäväksi muissa paikoissa, joissa on todennäköisyys altistua räjähdystiloille (SFS-Käsikirja 604–1, 2018, s. 8). Ryhmän laitteet jaetaan kolmeen eri laiteluokkaan (1, 2, 3) turvallisuustason mukaan, jota niiltä vaaditaan.

Laitteen valmistajan tai muun markkinoille saattajan tulee arvioida laitteen vaatimustenmukaisuus, mikä tunnetaan nimellä laiteluokitus (SFS-Käsikirja 604–1, 2018, s. 8). Erilaisille laiteluokille on olemassa erilaisia vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyjä, joita on kuvattu säädöksissä. On myös olemassa yksinkertaisia laitteita, kuten vastukset tai jakorasiat (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 84). Kyseiset laitteet eivät kykene muodostamaan tarpeeksi energiaa muodostuakseen syttymislähteeksi. Tämän takia niiltä ei edellytetä luokituksien mukaista vaatimustasoa.

Ex-laitteet luokitellaan seuraavasti laiteryhmässä II (SFS-Käsikirja 604–1, 2018, s. 8):

**Luokka 1:** EU-tyypitarkastus on välttämätön laitteen hyväksymiseksi, ja joko ATEX-hyväksytty tuotannon laadunvarmistus tai ilmoitetun laitoksen suorittama tuotekohtainen varmistus ovat tarpeellisia.

**Luokka 2:** EU-tyypitarkastus on välttämätön laitteen hyväksymiseksi, ja joko ATEX-hyväksytty tuotannon laadunvarmistus tai ilmoitetun laitoksen suorittama tuotekohtainen varmistus ovat tarpeellisia.

**Luokka 3:** Tässä luokassa vaaditaan valmistuksen sisäinen tarkastus, jossa valmistaja tai markkinoille saattaja vastaa itse vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta.

Taulukossa 6 on esitetty, missä tilaluokissa voidaan käyttää eri laiteluokkien laitteita.

Taulukko 6. Tilaluokat ja niihin soveltuvat laiteluokat (Tukes, 2017, s. 20).

TILALUOKKA	LAITELUOKKA
0	II 1 G
1	II 1 G, II 2 G
2	II 1 G, II 2 G, II 3 G
20	II 1 D
21	II 1 D, II 2 D
22	II 1 D, II 2 D, II 3 D

G = Kaasu, höyry tai sumu, D = Pöly

Laiteluokan edellä on laiteryhmämerkintä, kun taas perässä oleva kirjain määrittelee sen, mikä aine aiheuttaa räjähdysvaaran (Tukes, 2017, s. 20). Kirjain "G" viittaa kaasuun, höyryyn tai sumuun, kun taas "D" tarkoittaa pölyä. Jokaisessa ex-laitteissa pitää olla määriteltynä, minkä räjähdysvaarallisen aineen käyttöön kyseinen laite on tarkoitettu.

Laitteiden soveltuvuus tiettyihin räjähdysvaarallisiin tiloihin määräytyy räjähdysryhmän perusteella (Tukes, 2017, s. 12). Räjähdysryhmä jaetaan kahteen luokkaan sen mukaan, että käytetäänkö laitteita kaivoksissa (Räjähdysryhmä I) vai muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa (Räjähdysryhmä II). Räjähdysvaarallisille pölyille on myös oma ryhmittelynsä (Räjähdysryhmä III). Alla taulukossa 7 on esitettyinä räjähdysryhmien sallitut laiteryhmät.

Taulukko 7. Räjähdysryhmien ja laiteryhmien soveltuvuus (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 36).

Räjähdysryhmä	Sallitut laiteryhmät
<b>IIA</b>	<b>IIA - IIC</b>
<b>IIB</b>	<b>IIB-IIC</b>
<b>IIC</b>	<b>IIC</b>
<b>IIIA</b>	<b>IIIA-IIIIC</b>
<b>IIIB</b>	<b>IIIB-IIIIC</b>
<b>IIIIC</b>	<b>IIIIC</b>

Ryhmän II laitteet on suunniteltu käytettäväksi kaasuräjähdyksivaarallisissa tiloissa, lukuun ottamatta kaivoksia, joissa altistuminen kaasuille on mahdollista (SFS-EN 60079-0, 2019, s. 35). Laiteluokat jaetaan edelleen alaryhmiin sen mukaan, millaisille räjähdyskelpoisten kaasuilmaseoksien ominaisuuksille laite altistuu. IIA-alaryhmän laitteille tyypilliset kaasut ovat propaani, metaani tai asetooni. IIB-alaryhmän laitteille tyypillinen kaasu on etyleeni. Kyseisen ryhmän laitteet täyttävät ryhmän IIA vaatimukset, ja niitä voidaan käyttää myös kyseisen ryhmän kanssa. IIC-alaryhmän laitteet altistuvat tyypillisesti vedylle, rikkihiilelle, vesikaasulle tai asetyleenille. Ryhmän laitteet täyttävät ryhmien IIA ja IIB vaatimukset, joten IIC-ryhmän laitteita voi käyttää aiemmin mainittujen ryhmien kanssa.

Ryhmän III laitteet on tarkoitettu käytettäväksi tiloissa, joissa on pölyräjähdysvaara (SFS-EN 60079-0, 2019, s. 36). Tämä pätee lukuun ottamatta kaivoksia, joissa laitteet altistuisivat kaivospölylle. Laiteluokat jaetaan ryhmiin sen mukaan, millaista räjähdyskelpoista pölyilmaseosta laitteessa suunnitellussa käyttöpaikassa esiintyy. IIIA-alaryhmän laitteiden pölyominaisuus on joko palava tai hahtuva. IIIB-alaryhmä on tarkoitettu eristäville pölyille. IIIC-alaryhmän laitteet on tarkoitettu johtaville pölyille.

Aiemmin mainittujen pölyrakenteiden ominaisuudet vaihtelevat (SFS-EN 60079-0, 2019, s. 25). Palavan pölyn rakenne on kiinteä, ja se on enintään 500 µm suuri kooltaan. Hahtuvapöly on kiinteä ja suurempi kuin 500 µm kooltaan. Johtava pöly tarkoittaa palavaa pölyä, jonka ominaisresistanssi on enintään 1 kΩ.

### **3.2 Räjähdyssuojataso (EPL)**

Ex-laitteiden suojaustason arvioinnissa käytetään EPL-räjähdyssuojaustasoa, joka ottaa huomioon laitteen todennäköisyyden toimia syttymislähteenä (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 26). EPL arvioi laitteiden alttiutta muodostua syttymislähteeksi räjähdyskelpoisissa kaasu- ja pölyilmaseoksissa sekä kaivoskaasulle alttiissa kaivoksissa. Alla olevassa taulukossa 8 nähdään standardin EN 60079-0 mukaiset räjähdysuojauksen tasot (EPL) ja niiden vastaavat laiteryhmät.

Taulukko 24. Laiteryhmät, luokat ja EPL-suojaustasojen soveltuvuus (SFS-EN 60079-0, 2019, s. 131).

Laiteryhmä	Tilaluokka	EPL	Ryhmä	Laiteluokka
I	-	Ma	I	M1
I	-	Mb	I	M2
II	0	Ga	II	1G
II	1	Gb	II	2G
II	2	Gc	II	3G
II	20	Da	III	1D
II	21	Db	III	2D
II	22	Dc	III	3D

### 3.2.1 Ryhmä I

Ryhmällä I tarkoitetaan kaivoksissa käytettäviä kaivoskaasuille altistuvia laitteita, ja kyseissä ryhmässä on kaksi räjähdysuojaustasoa:

EPL Ma -tasaisen laitteen suojaustaso on ”erittäin korkea”, ja se on tarkoitettu käytettäväksi kaivoksissa, joissa esiintyy kaivoskaasuja (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 26). On varmistettava, ettei laite muodosta riittävän suurta syttymislähdettä normaalikäytössä, odotettavissa olevissa tai harvinaisissa toimintahäiriöissä, vaikka se olisi jännitteinen ja altistunut kaasupäästöille.

EPL Mb -tasaisen laitteen suojaustaso on ”korkea”, ja se on tarkoitettu käytettäväksi kaivoksissa, joissa esiintyy kaivoskaasuja (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). On varmistettava, että laite ei muodosta riittävän suurta syttymislähdettä normaalikäytössä tai odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä siltä ajalta, joka kuuluu kaasupäästön alkamisesta siihen hetkeen, kun laite kytketään jännitteettömäksi.



### 3.2.2 Ryhmä II

Ryhmän II laitteet on tarkoitettu sijoitettavaksi ilman, kaasujen, höyryjen tai sumun muodostamien räjähdyskelpoisten ilmaseoksien tiloihin. Kyseisessä ryhmässä on kolme räjähdys-suojautasoa:

EPL Ga -tasoinen laitteen suojaustaso on "hyvin korkea", ja se on tarkoitettu käytettäväksi kaasuräjähdyksille alttiissa tiloissa (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). On varmistettava, ettei laite muodosta syttymislähdettä normaalikäytössä eikä mahdollisissa tai harvinaisissa toimintahäiriöissä.

EPL Gb -tasoinen laitteen suojaustaso on "korkea", ja se on tarkoitettu käytettäväksi kaasuräjähdyksille alttiissa tiloissa (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). Suojatason mukaan on varmistettava, ettei laite muodosta syttymislähdettä normaalikäytössä eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä.

EPL Gc -tasoinen laitteen suojaustaso on "korotettu", ja se on tarkoitettu käytettäväksi kaasuräjähdyksille alttiissa tiloissa (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). Tason vaatimusten mukaisesti laite ei kykene muodostamaan syttymislähdettä normaalikäytössä, ja mahdollisen lisäsuojauksen ansiosta se ei ole syttymislähde säännöllisesti odotettavissa olevissa tapahtumissa.

### 3.2.3 Ryhmä III

Ryhmän III laitteet on tarkoitettu sijoitettavaksi palavien pölyjen muodostamien räjähdyskelpoisten ilmaseoksien tiloihin, ja kyseisessä ryhmässä on kolme räjähdys-suojautasoa:

EPL Da -tasoinen laitteen suojaustaso on "hyvin korkea", ja se on tarkoitettu käytettäväksi pölyräjähdyksille alttiissa tiloissa (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). On varmistettava, ettei laite muodosta syttymislähdettä normaalikäytössä eikä harvinaisissa toimintahäiriöissä.

EPL Db -tasoinen laitteen suojaustaso on "korkea", ja se on suunniteltu käytettäväksi pölyräjähdyksille alttiissa tiloissa (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). On taattava, että laite ei muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä eikä mahdollisissa toimintahäiriöissä.

EPL Dc -tasaisen laitteen suojaustaso on "korotettu", ja se on suunniteltu pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin (SFS-EN 60079-0, 2019 s. 27). Suojaustaso tarkoittaa, että se ei ole syttymislähde normaalissa käytössä eikä mahdollisissa toimintahäiriöissä. Lisäsuojauksen ansiosta laite ei myöskään ole syttymislähde säännöllisesti odotettavissa olevissa tapahtumissa.

### **3.3 Sähkölaitteiden räjähdysuojarakenteet**

Usein on mahdotonta toteuttaa riittävän varmoja räjähdysuojatoimenpiteitä, joilla voitaisiin estää räjähdyskelpoisten ilmaseosten ja syttymislähteiden esiintyminen (Euroopan Yhteisöjen asetus (EY) 1999/92). Tällaisissa tapauksissa on tarpeen toteuttaa toimenpiteitä räjähdysten vaikutusten rajoittamiseksi hyväksyttävälle tasolle. Nämä toimenpiteet koskevat yleensä Ex-laitteiden sisällä tapahtuvia räjähdymiä ja vaarallisten vaikutusten rajoittamista. Räjähdysuojarakenne tarkoittaa standardisoitua laitteiden suunnitellussa sovellettavaa rakennetta. Rakenteellisia suojatoimenpiteitä valittaessa on yleensä otettava huomioon standardien vaatimukset ja käytettävä laitteita ja suojajärjestelmiä, jotka täyttävät niiden vaatimukset. Useat EN-standardit käsittelevät eri räjähdysuojarakenteita yksitellen.

#### **3.3.1 Räjähdyspaineen kestävä rakenne "d"**

Standardissa SFS-EN 60079-1 käsitellään "d"-rakennetta, jossa osat, jotka voivat sytyttää räjähdysten, on sijoitettu koteloon (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 372). Tämä kotelointi kestää sisäpuolella tapahtuneen räjähdysten paineen ja estää sen leviämisen ulkopuolelle. Kotelon mekaanisen lujuuden on oltava niin suuri, että se kestää sisällä syntyvän räjähdyspaineen, joka ei ylitä 10 baaria. Rakenteen suunnittelussa on huomioitu myös palokaasujen viileneminen suojaraoissa. Tämä rakenne soveltuu laitteille, joissa on kuumia tai kipinöiviä sisäosia, kuten katkaisijat, lämmityslaitteet ja valaisimet. Vaikka räjähdyskelpoinen seos tunkeutuisi kotelon sisälle, se voi räjähtää, mutta ei sytyttää ulkopuolella olevaa räjähdyskelpoista seosta. Uusin standardi mahdollistaa Exd-laitteiden valmistamisen kaikille kaasutilojen laiteluokille.

### 3.3.2 Paineistettu rakenne "p"

Standardissa SFS-EN 60079-2 käsitellään "p"-rakennetta, jossa suojauksen toteuttamiseksi kotelon sisällä on ylipaine ympäristöön nähden (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 372). Tämä estää räjähdyskelpoisen seoksen pääsyn kosketuksiin kipinöivien osien, valokaarien tai kuumien osien kanssa. Ennen kuin jännite kytketään kotelon sisällä oleviin räjähdysuojattomiin osiin, kotelot ja putkistot huuhdellaan, jotta niissä ei ole räjähdyskelpoisia seoksia. Sen jälkeen suojauksen ylläpitoon käytetään joko dynaamista paineistusta, jossa puhdasta ilmaa johdetaan jatkuvasti läpi, tai staattista paineistusta, jossa ulosvuotava ilma korvataan. Tätä rakennetta käytetään yleisesti suurissa laitteissa, kuten moottoreissa tai keskuksissa. Exp-laitteita voidaan valmistaa laiteluokkiin 2G, 3G, 2D tai 3D eli räjähdysuojatasoille Gb, Gc, Db tai Dc. Laiteluokan 2 vaatimukset täyttävien Exp-laitteiden merkintä on joko Ex pxd tai Ex pyb. Laiteluokan 3 vaatimukset täyttävän laitteen merkintä on Ex pzc.

### 3.3.3 Öljytäyteinen rakenne "o"

Standardissa SFS-EN 60079-6 käsitellään "o"-rakennetta. Kaikki öljytäyteisessä rakenteessa olevat osat, jotka voisivat aiheuttaa räjähdysten, on upotettu öljyyn (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 373). Tämä estää kipinöiden, valokaarien ja kuumien kaasujen pääsyn öljystä kosketukseen räjähdysherkän seoksen kanssa. Uusimman standardin mukaan Exo-laitteet voidaan valmistaa täyttämään laiteluokan 2 tai 3 räjähdysuojatasovaatimukset Gb tai Gc, ja ne merkitään Ex ob:ksi tai Ex oc:ksi. Öljytäyteinen rakenne on yleensä käytössä moottoreissa tai keskuksissa (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 94). Rakennetta voidaan käyttää vain silloin, kun siitä on olemassa täydellinen sertifikaatti ja se asennetaan valmistajan ohjeiden mukaan.

### 3.3.4 Varmistettu rakenne "e"

Standardissa SFS-EN60079-7 käsitellään "e"-rakennetta. Varmennetun rakenteen avulla pyritään saavuttamaan suurempi turvallisuus normaalirakenteisiin sähkölaitteisiin verrattuna rakenteellisilla ratkaisuilla (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 373). Rakenne soveltuu laitteisiin, joissa ei esiinny kuumia pintoja, valokaaria tai kipinöitä normaalikäytössä ja niiden esiintymistä vian tai ulkopuolisten vaikutusten takia on vaikeutettu. Uusimman standardin mukaan Exe-laitteita voidaan valmistaa täyttämään Gb- tai Gc-räjähdysuojatasojen laiteluokkavaatimukset 2 tai 3. Varmistettua rakennetta käytetään kipinöimättömissä laitteissa, kuten

oikosulkumoottoreissa, valaisimissa tai kytkentä- ja haaroitusrasioissa. Kyseisen rakenteen mukana pitää olla sertifikaatti (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 74). Kotelossa saa olla vain Exe-riviliittimiä ja muut komponentit rakenteessa on kielletty, ellei toisin ole mainittu.

### 3.3.5 Hiekkatäytteinen rakenne "q"

Standardi SFS-EN 60079-5 käsittelee "q"-rakennetta, jossa hiekkatäytteinen rakenne upoteetaan pulverimaiseen aineeseen, yleensä hiekkaan, ja näin estetään kipinöiden, valokaarten ja kuumien osien kosketus räjähdysvaaralliseen seokseen (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 374). Exq-laitteet voidaan valmistaa täyttämään Gb-laiteluokan 2 vaatimukset uusimman standardin mukaan merkinnällä Ex qb. Rakenteen ohjeistuksen mukaisesti sen riviliittimien pitää olla Exe-luokiteltuja, eivätkä muut komponentit rakenteessa ole sallittuja, ellei toisin ole mainittu (SFS-EN 60079-14, 2015 s. 74).

### 3.3.6 Luonnostaan vaaraton rakenne "i"

Standardissa SFS-EN 60079-11 käsitellään "i"-rakennetta. Laitteissa, joiden tehontarve on niin vähäinen, ettei se kykene sytyttämään räjähdysvaarallista seosta tietyissä vikatapauksissa, voidaan käyttää luonnostaan vaaratonta rakennetta (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 374). Rakennetta käytetään lähinnä mittaus- ja merkinantolaitteissa. Rakenne voidaan saavuttaa rajoittamalla virtapiirin virta ja jännite sellaiseen arvoon, joka ei synnytä sytyttäviä lähteitä.

Laitteet jaetaan kolmeen luokkaan (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 374):

- Ex ia, joka ei aiheuta vaaraa kahden vian esiintyessä samanaikaisesti, ja jota käytetään tilaluokassa 0 tai 20.
- Ex ib, joka ei aiheuta vaaraa yhden vian sattuessa, ja jota käytetään tilaluokassa 1 tai 21.
- Ex ic, joka ei aiheuta vaaraa normaalitoiminnassa, ja jota käytetään tilaluokassa 2 tai 22.

Exi-piirin kaapeloinnissa täytyy ottaa huomioon, että kyseisen piirin kaapeloinnin pitää olla erillään muista piireistä (SFS-EN 60079-11, 2019, s. 28). Sen tulee olla minimissään 50 mm:n etäisyydellä piireistä, jotka eivät kuulu Exi-piireihin, 6 mm:n etäisyydellä muista Exi-piireistä ja 3 mm:n etäisyydellä maadoituksesta. Nämä etäisyydet ovat varotoimia mahdollisen indusoitumisen takia, mikä tarkoittaa ulkoisen piirin sähkövirran magneettikentästä koituvaa häiriötä. Exi-piirin kaapelin tulee olla vaaleansininen ja helposti tunnistettavissa. Väriä ei saa sekoittaa nollajohtimiin, jotka ovat myös väriltään sinisiä. Exi-piirin tulee olla myös joko yhdistettynä potentiaalintasausjärjestelmään tai olla erotettuna maasta (SFS-EN 60079-14, 2015 s. 81). Erotettuna pitää ottaa huomioon staattisesta sähköstä koituva vaara, koska se ei ole maadoitettu.

Peruseriaatteiltaan luonnostaan vaarattomien piirien asennuksessa on huomioitava täysin erilainen suojaustapa, joka vaatii ulkopuolelta tulevan sähköenergian torjumista piirin turvallisen energian raja-arvojen ylittämisen estämiseksi (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 75). Tämä koskee myös piirissä tapahtuvia katkoksia ja oiko- tai maasulkuja. Liitännäislaitteet tulee sijoittaa mieluiten vaarallisen tilan ulkopuolelle (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 82). Exi-piirejä asennettaessa kaapelin induktanssin, kapasitanssin tai pintalämpötilan suurimpia sallittuja arvoja ei saa ylittää. On tärkeää tarkistaa sallitut arvot liitännäislaitteen asiapapereista tai merkinnöistä.

Exi-piirin järjestelmän suunnittelijan on laadittava järjestelmäkuvauks, joka sisältää käytetyt laitteet ja järjestelmän sähköiset parametrit, mukaan lukien kaapelien parametrit (SFS-EN 60079-14, 2015, s. 82). Järjestelmäkuvauksen esitystapaa ei ole tarkasti määritelty, mutta standardissa SFS-EN IEC 60079-25, joka käsittelee kyseistä rakennetta, on mainittu, että jokainen järjestelmän kuvauksen sisältö on kerrottuna selvityksellä, lohkokaaaviolla, maadoituspisteillä ja liitäntäjohtojen vaatimuksien täyttävällä tiedolla. Kuvauksen tulee joka tapauksessa olla turvallisuuden kannalta tarpeellista ja se pitää sisällyttää piirustuksiin, kaavioihin, huolto-ohjeisiin tai vastaaviin dokumentteihin. Dokumenttien täytyy olla helposti käytettävissä ja ylläpidettävissä, jotta kyseessä olevaa asennusta koskevat tiedot ovat aina saatavilla.

### **3.3.7 Suojarakenne "n"**

Standardi SFS-EN 60079-15 käsittelee "n"-rakennetta, joka on tarkoitettu käytettäväksi tilaluokassa 2, jossa laitteet ovat turvallisia normaalikäytössä (SFS Käsikirja 604-1, 2018, s.

375). Vaikka standardi käsittelee pitkälti samoja suojausrakenteita kuin tilaluokassa 1, vaatimustasoa on alennettu ja vikatilanteiden tarkastelu on jätetty pois. Exn-merkityillä laitteilla on tilaluokan 3 (räjähdysuojaustason Gc) vaatimukset. Laitteen merkintä riippuu käytetystä rakenteesta: Ex nA tarkoittaa kipinätöntä rakennetta, Ex nC tarkoittaa suojattua kipinöintiä, Ex nR tarkoittaa rajoitettua hengittävyyttä ja Ex nL tarkoittaa energiarajoitettua rakennetta.

### **3.3.8 Massavalurakenne "m"**

Standardissa SFS-EN 60079-18 käsitellään rakennetta "m". Massavalurakenteessa laite tai sen osa upotetaan massaan siten, että vaaraa aiheuttavat osat ovat suojassa räjähdyskelpoiselta seokselta (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 375). Standardi määrittelee massan ominaisuudet, kuten paksuuden ja koostumuksen. Tämä rakenne soveltuu hyvin pienille laitteille ja komponenteille. Uusimman standardin mukaan Exm-laitteita voidaan valmistaa täyttämään kaikkien räjähdysuojatasojen vaatimukset, kunhan niillä on täydellinen sertifikaatti ja ne on asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti.

### **3.3.9 Pölyräjähdysvaarallisten tilan tiivis kotelo "t"**

Standardissa SFS-EN 60079-31 käsitellään rakennetta "t". Kotelon tulee olla tiivis räjähtävää pölyilmaseosta vastaan ja kotelon pinnan lämpötilan tulee olla rajoitettu (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 375). Uusimman standardin mukaisesti voidaan valmistaa Ext-laitteita, jotka täyttävät pölytilojen kaikkien laiteluokkien (räjähdysuojatasojen) vaatimukset. Rakenne on pölytiivis, ja mahdollinen räjähdys jää rakenteen sisälle. Näitä laitteita merkitään Ex ta-, Ex tb- tai Ex tc -merkinnöillä riippuen sovellettavasta rakenteesta.

### **3.3.10 Erikoisrakenne "s"**

Edellä mainittujen standardisoitujen rakenteiden lisäksi on myös erikoisrakenteita eli Exs-laitteita (SFS Käsikirja 604–1, 2018, s. 376). Erikoisrakenteet valmistetaan tiettyä tarkoitusta varten tai tietynlaisesti, jolloin valmistajan ja testauslaitoksen välillä sovitaan rakenteen hyväksymisestä. Tällaiset rakenteet ovat tarpeen, kun standardisoidut räjähdysuojaukset eivät sovellu tilanteeseen tai ovat muuten epäkäytännöllisiä.

## 4 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän työn tavoitteena oli tutustua toimeksiantajan projektien räjähdysvaarallisten tilojen monipuoliseen huomioimiseen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa, joiden pohjalta tehtiin tutkimus mahdollisista epäselvyyksistä. Kohteiden selvityksestä laadittiin toimeksiantajalle konkreettinen ohjeistus, jonka avulla projektinhallinnan, teknisen myynnin ja suunnitteluosaston välinen kommunikaatio ja yhteisymmärrys helpottuu räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyen.

Työn alkuvaiheessa tutustuttiin sillä hetkellä meneillä oleviin projekteihin ja niiden toteutukseen. Tämän pohjalta rajattiin alue, johon haluttiin keskittyä ohjeistuksessa. Tutkimuksen tekemiseen käytettiin laajasti SFS-standardeja ja koulutusmateriaalia, koska aihealue on täysin standardisoitu. Ohjeistuksen teossa tutustuttiin myös sisäisiin ohjeistuksiin samoista aihepiireistä, jotta ohjeistuksia voitiin päivittää nykyisten muutosten ja uusien hankittujen tietojen tasolle.

Lopputuloksena toimeksiantaja pystyi hyödyntämään uutta hankittua tietoa ohjeistuksen sisällössä. Dokumentin sisältöä pystyttiin myös hyödyntämään monissa muissa yrityksen sisäisissä toimintatavoissa ja niiden sisältörakenteissa.

Tämän tutkimustyön aihealue on laaja ja kehittyy jatkuvasti, minkä vuoksi rajaaminen oli tärkeää, vaikka sen takia asiaa jäikin käsittelemättä. Tarpeen vaatiessa aihealueen tutkiminen ja jalostaminen on tämän tutkimustyön pohjalta tulevaisuudessa paljon helpompaa. Alkuperäinen tarkoitus oli käyttää meneillä olevaa projektia referenssinä tähän työhön, mutta sitä ei toteutettu ajankäytöllisten syiden takia. Siitä huolimatta työn tavoite saavutettiin. Teoriaosuuden tarkoituksena oli kiteyttää epäselviksi muodostuvat standardit ja määrittelyt mahdollisimman selkeäksi. Tavoitteena oli havainnollistaa direktiivejä sekä avata vaatimukset selkeiksi.

Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista kehittää myynti- ja suunnitteluprosessia räjähdysvaarallisten tilojen ja niihin liittyvien aihealueiden kannalta ja selvittää niiden ongelmakohdat. Toimintatapojen ja kommunikaation sujuvuuden parantaminen on hyvä lähtökohta kehitykselle. Yksi kehitysmahdollisuus olisi asiakasrajapinnassa toimiva listaus, johon merkitään ilmenneet ongelmakohdat, joita voitaisiin kehittää.

## LÄHTEET

Elomatic (i.a.-a). *Atex-palvelut*. Haettu 1.2.2023, <https://www.elomatic.com/fi/palvelut/hse-palvelut/atex.html>

Elomatic (i.a.-b) *Meidän tarinamme*. Haettu 1.2.2023, <https://www.elomatic.com/fi/yri-tys/meidan-tarinamme.html>

Tukes (i.a.-a) *Räjähdyksivaaralliset tilat*. Haettu 3.3.2023, <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdys-vaaralliset-tilat>

Tukes (i.a.-b) *Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteet – ATEX*. Haettu 3.3.2023, <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat/rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>

Euroopan Yhteisöjen direktiivi 1999/92/EY. Opas räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamalle vaaralle. Haettu 3.3.2023, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0515:FIN:FI:PDF>

Korhonen, P. (1.2.2023). *ATEX-koulutus*. [Verkkokurssi]. Exvira.

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2016). *Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen; Explosive atmospheres. Part 14: Electrical installations design, selection and erection* (SFS-EN 60079-14)

Suomen Standardisoimisliitto (SFS-EN). (2016). *Explosive atmospheres - Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"* (SFS-EN-60079-11).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2018). *Räjähdyksivaaralliset tilat* (SFS-Käsikirja 604-1).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2019). *Laitteet: Yleiset vaatimukset; Explosive atmospheres - Part 0: Equipment - General requirements* (SFS-EN IEC 60079-0).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2021). *Räjähdyksivaaralliset tilat, Osa 10-1: Tilaluokitus, Kaasuräjähdyksivaaralliset tilat; Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres* (SFS 60079-10-1).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2022). *Räjähdyksivaarallisten tilojen luokittelu: Palavat nesteet ja kaasut* (SFS 59:2022).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS-EN). (2022). *Explosive atmospheres. Part 25: Intrinsically safe electrical systems* (SFS-EN IEC 60079-25).



Tukes. (2015). *Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus*. <https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/ATEX+r%C3%A4j%C3%A4hdysvaarallisten+tilojen+turvallisuus/310d29f5-57bc-431a-90e5-27bf0b6e0f8d>

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

Tukes. (2018). *ATEX-koulutusta palotarkastajille*. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/Atex-koulutus+palotarkastajille/3cb33aa5-d7f9-abc0-7e5a-7d89b8bc0e9f/Atex-koulutus+palotarkastajille.pdf>

Työsuojelu. (2020). *Kemialliset tekijät-ATEX*. Haettu 3.3.2023.