

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Sulautetut järjestelmät
Jaakko Raittinen

Opinnäytetyö

RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN SÄHKÖLAITTEET

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2009

Yliopettaja Mauri Inha
Tampereen ammattikorkeakoulu

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Sulautetut järjestelmät

Tekijä(t)	Jaakko Raittinen
Työn Nimi	Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteet
Sivumäärä	49 sivua + 2 liitesivua
Valmistusaika	4/2009
Työn ohjaaja	Yliopettaja Mauri Inha
Työn teettäjä	Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tämä työ käsittelee räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteita ja sen tarkoitus on toimia itseopiskelumateriaalina. Työssä tutkitaan Euroopan parlamentin ja neuvoston asettamia ATEX-direktiivejä ja niihin liittyviä standardeja, jotka on asetettu räjähdysvaarallisia tiloja ja niissä käytettäviä laitteita varten.

ATEX-direktiivejä tukevissa standardeissa määritellään erilaiset suojausrakennemethodet, joiden avulla voidaan toteuttaa käyttöturvallinen laite räjähdysvaaralliseen ympäristöön. Tämä työ antaa perustiedot tällaisissa tiloissa käytetyistä sähkölaitteista sekä niihin liittyvistä muista asioista.

Työn alkuosassa esitellään lyhyesti ATEX-direktiivit ja kerrotaan, mitä ovat Ex-tilat ja Ex-laitteet. Sitten esitellään laitesuunnittelun standardit ja suojausrakennemethodet. Lopuksi selvitetään monimutkaisten suojausrakennemethodtien toimintaa.

TAMK University of Applied Sciences
Department of Information Technology
Embedded Systems

Writer(s)	Jaakko Raittinen
Thesis	Electrical apparatuses in explosive atmospheres
Pages	49 pages + 2 appendixes
Graduation time	4/2009
Thesis Supervisor	Senior Lecturer Mauri Inha
Co-operating Company	TAMK University of Applied Sciences

ABSTRACT

The subject of this thesis was electrical apparatuses in explosive atmospheres. The purpose of this thesis was to get to know the directives and their associated standards of explosive atmospheres. This thesis introduces the different methods of explosion protection defined in the standards and explains the function of these methods. The standards enable the definition of explosive atmospheres and the apparatuses used in these conditions. With these standards, the implementation of an apparatus is possible and its usage in explosive atmospheres is safe.

In the first part of this thesis, ATEX-directives are introduced briefly and explosive areas and explosion protected apparatuses are explained. The standards for design of equipment and the protection methods are introduced in the middle part of this thesis. The last part of this thesis explains the function of more complicated protection methods.

Keywords ATEX-directive, standards, electrical apparatuses, electrical safety, electronics

Esipuhe

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun sulautettujen järjestelmien suuntautumislinjan insinöörityönä. Haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet minua opintojeni varrella ja tukeneet tämän insinöörityön puitteissa. Erityiskiitos myös työn ohjaajalle, Mauri Inhalle, kaikesta antamastaan avusta tätä työtä kirjoittaessa.

Tampereella 23.5.2009

Jaakko Raittinen

Sisällysluettelo

1	Johdanto	9
2	ATEX-direktiivit lyhyesti	10
2.1	ATEX-laitedirektiivi	10
2.2	ATEX-olosuhdedirektiivi	11
3	Ex-tilat	12
3.1	Tilaluokitukset	12
3.2	Laiteluokkien ja tilaluokkien välinen suhde	13
4	Ex-laitteet	15
4.1	Laiteryhmät ja laiteluokat	15
4.2	Laitteiden pakolliset merkinnät	16
5	Laitesuunnittelun standardit	17
5.1	A-tyyppin standardi EN 1127	18
5.1.1	Vaaran tunnistaminen	19
5.1.2	Riskin arvioinnin vaiheet	19
5.1.3	Riskien poistaminen ja minimointi	20
5.1.4	Käyttöä koskevat tiedot	20
5.2	B-tyyppin standardit	21
6	Räjähdyssuojaurakenteet	22
6.1	Öljytäytteinen rakenne (Exo)	22
6.2	Suojatuuletteen rakenne (Exp)	23
6.3	Hiekkatäytteinen rakenne (Exq)	23
6.4	Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne (Exd)	24
6.5	Varmennettu rakenne (Exe)	24
6.6	Luonnostaan vaaraton rakenne (Exi)	25
6.7	Massaan valettu rakenne (Exm)	25
6.8	Kipinöintiä estävä rakenne (Exn)	26
6.9	Erikoisrakenne (Exs)	26
7	Räjähdyssuojaurakenteiden toiminta	27
7.1	Räjähdyssuojaurakenne 'd'	27
7.1.1	Rakenteelliset vaatimukset	27
7.1.2	Käyttökohteet ja -olosuhteet	28
7.1.3	Käytännön esimerkkejä	29
7.2	Räjähdyssuojaurakenne 'p'	29
7.2.1	Rakenteelliset vaatimukset	30
7.2.2	Käyttökohteet ja -olosuhteet	31
7.2.3	Käytännön esimerkkejä	32
7.3	Räjähdyssuojaurakenne 'e'	32
7.3.1	Rakenteelliset vaatimukset	33
7.3.2	Käyttökohteet ja -olosuhteet	35
7.3.3	Käytännön esimerkkejä	35
7.4	Räjähdyssuojaurakenne 'i'	36
7.4.1	Sähkötehon rajoittaminen	36
7.4.2	Sähköenergian rajoittaminen	38
7.4.3	Laitteen suunnittelu	42
8	Suojarakenteiden soveltaminen	43
9	Lopputulokset	45
10	Yhteenveto	46
	Lähteet	47
	Liitteet	49

Lyhenteet ja termit

adiabaattinen puristus	adiabaattiseen kokoonpuristamiseen käytetty työ muuttuu lämmöksi, joka kohottaa puristetun kappaleen lämpötilaa
ATEX	direktiivistä käytetty lyhenne, joka johdettu ranskankielestä atmosphère explosibles (räjähdysvaarallinen ilmaseos)
CENELEC	eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö (European Committee for Electrotechnical Standardization)
Ex	ATEX-direktiivin edellyttämä Ex-merkintä
Exd	räjähdyspaineen kestävä rakenne
Exe	varmennettu rakenne
Exi	luonnostaan vaaraton rakenne
Exn	ei-kipinöivä rakenne
Exo	öljytäytteinen rakenne
Exp	suojatuuletteinen rakenne
Exq	hiekkatäytteinen rakenne
Exs	erikoisrakenne
IEC	sähköalan kansainvälinen standardisoimisjärjestö (International Electrotechnical Commission)
inertti kaasu	palamaton kaasu, joka ei edistä palamista eikä reagoi palavan kaasun kehittymiseksi
käynnistysvirta I_A	nimellisjännitteellä ja –taajuudella lepotilasta käynnistetyn vaihtovirtamoottorin sähköverkosta ottama virta-arvo tehollisarvona
käynnistysvirtasuhde I_A/I_N	käynnistysvirran I_A ja nimellisvirran I_N suhde
MESG	testauslaitteiston sisäkammion kahden osan välisen sauman suurin rako, joka estää kotelon ulkopuolella olevan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttymisen 25 mm pituisen sauman kautta, kun kammion sisällä oleva kaasuseos sytytetään; suurin kokeellinen turvarako on kysymyksessä olevan kaasun syttymisominaisuus

nimellisvirta I_N	laitteen valmistajan ilmoittama virta-arvo, jota laite käyttää ylittämättä sallittua lämpötilaa
laiteluokka	tietyssä laiteryhmässä vaaditun suojaustason mukainen luokittelu
laiteryhmä I	kaivoskaasuille alttiisiin kaivoksiin tarkoitettu sähkölaite
laiteryhmä II	muihin räjähdysvaarallisiin tiloihin kuin kaivoskaasuille alttiisiin kaivoksiin tarkoitettu sähkölaite
räjähdyskelpoinen ilmaseos	palavan kaasun, höyryn, sumun tai pölyn ja normaaliolosuhteisen ilman seos jossa syttymisen jälkeen räjähdys leviää koko seokseen
räjähdysuojaliitos	kohta, jossa kahden osan vastinpinnat liittyvät, joka estää sisäisen räjähdysten etenemisen kotelon ulkopuolelle
räjähdysvaarallinen tila	tila, jossa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia saattaa olla siinä määrin, että laitteiden rakenteille, asennuksille ja käytölle on asetettava erityisvaatimuksia
SESKO	Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardisoimisjärjestö
SFS	Suomen standardoimisliitto
t_E -aika	aika, jossa vaihtovirtamoottorin käämitys käynnistysvirralla I_A lämpenee rajalämpötilaansa
tilaluokka 0	tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti tai usein (laiteryhmä II)
tilaluokka 1	tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy satunnaisesti (laiteryhmä II)
tilaluokka 2	tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva räjähdyskelpoinen ilmaseos epätodennäköisesti esiintyy ja esiintyessään vain lyhyen ajan (laiteryhmä II)
tilaluokka 20	tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti tai usein (laiteryhmä I)
tilaluokka 21	tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy satunnaisesti (laiteryhmä I)

tilaluokka 22

tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskel-
poinen ilmaseos epätodennäköisesti esiintyy ja esiintyessään
vain lyhyen ajan (laiteryhmä I)

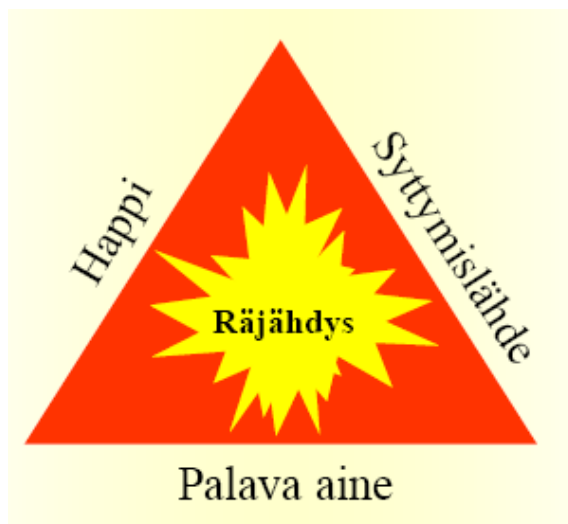
yksinkertainen laite

sähköinen komponentti, jolla on selkeästi määritellyt omi-
naisarvot

1 JOHDANTO

Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteet eivät välttämättä ole vain teollisuuden käytössä, vaan myös arkielämässä voi kohdata räjähdysvaaralliseen tilaan suunnitellun laitteen tai räjähdysvaarallisen ympäristön. Tällaisena esimerkkinä voi mainita vaikkapa huoltoaseman. Moni huoltoasemaa käyttävä ihminen ei välttämättä tiedosta sitä, millainen vaaratilanne tai vahinko saattaisi syntyä jos huoltoasemalla käytettävät laitteet eivät olisi ympäristöönsä sopivia laitteita. Huoltoasemalla kuitenkin pääasiassa käsitellään liikennepolttoaineita, kuten bensiiniä, joka höyrystyessään on hyvinkin helposti syttyvä aine. Pelkästään staattinen sähköpurkaus voi tällaisessa tilanteessa aiheuttaa syttymisvaaran. Tämäntyyppinen tapahtuma on kuitenkin hyvin epätodennäköinen, mutta silti mahdollinen.

Räjähdyks edellyttää kolmea tekijää, jotka ovat happi, palava materiaali ja syttymislähde. Kuvassa 1 on räjähdyskolmio, joka havainnollistaa räjähdys edellytyksiä. Räjähdysvaarallisia tiloja ovat sellaiset tilat, joissa käsitellään palavia nesteitä, kaasuja tai pölyjä, jotka voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Tällaisessa tilassa sähkölaite saattaa toimia syttymislähteenä ja siksi tällaisia tiloja ja laitteita varten on Euroopan parlamentti ja neuvosto säätänyt ATEX-direktiivit lainsäädännön lähentämiseksi. /1/



Kuva 1 Räjähdyskolmio /16/

ATEX-direktiivien avulla voidaan toteuttaa turvallinen laite sille sopivaan ympäristöön. Tämän työn tarkoituksena on toimia itseopiskelumateriaalina, jonka avulla on helppo ymmärtää näitä direktiivejä ja niiden suhdetta standardeihin sekä oppia tuntemaan räjähdysvaarallisten tilojen laitteiden erilaisia suojausmenetelmiä, laiteluokkien ja tilaluokkien välisiä suhteita sekä muita laitesuunnitteluun liittyviä asioita.

2 ATEX-DIREKTIIVIT LYHYESTI

Räjähdysvaarallisia tiloja ovat sellaiset tilat, joissa käsitellään aineita, jotka voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Tällaisia tiloja ja niissä käytettäviä laitteita varten on Euroopan parlamentti ja neuvosto säätänyt ATEX-direktiivit. ATEX-direktiivien lyhenne ”ATEX” saa muotonsa ranskankielisestä termistä ”**atmosphères explosibles**”. Räjähdysvaarallisista tiloista ja laitteista käytetään lyhennettä Ex. /3;4/

ATEX-direktiiveistä käytetään myös nimityksiä ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY ja ATEX-olosuhdedirektiivi 99/92/EY. ATEX-olosuhdedirektiivi 99/92/EY ei tarkoita samaa kuin ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY, se on jatkoa laitedirektiiville. ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY käsittelee siis räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita ja ATEX-olosuhdedirektiivi 99/92/EY puolestaan käsittelee räjähdysvaarallisten tilojen olosuhteita. /3;4/

ATEX-direktiivien tarkoituksena on tehdä räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelevien henkilöiden työskentely turvallisiksi. Niiden tarkoitus on myös saada räjähdysvaaralliset tilat sekä niissä käytettävien laitteiden ja koneiden turvallisuusmääräykset ja -ohjeet yhtenäisiksi EU:n alueella. Lisäksi direktiivin tarkoitus on taata ATEX-tuotteiden vapaa kauppa. /5/

2.1 ATEX-laitedirektiivi

ATEX-laitedirektiivi on uuden lähestymistavan direktiivi. Tämä tarkoittaa sitä, että direktiivi ei sisällä yksityiskohtaista luetteloa käytettävistä standardeista, kuten vanhat direktiivit sisälsivät, vaan direktiivissä määritetään vain olennaiset turvallisuusvaatimukset. /3/

ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY julkaistiin vuonna 1994, mutta se ei suinkaan ollut ensimmäinen eurooppalainen direktiivi, joka käsitteli räjähdysvaarallisten tilojen laitteita. Jo 1970-luvulla julkaistiin direktiivejä, jotka koskivat räjähdysvaarallisten tilojen laitteita, mutta vain sähkölaitteita. ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY korvasi nämä kaikki aiemmat direktiivit./2/

ATEX-laitedirektiiviä 94/9/EY on ollut mahdollista noudattaa 1.3.1996 alkaen, vaikka se astui voimaan jo 1.9.1995. Direktiivi ei kuitenkaan tullut heti pakolliseksi siirtymä-

kauden vuoksi. Siirtymäkausi päättyi 30.6.2003, minkä jälkeen sitä on ollut pakko soveltaa. ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY koskee siis kaikkia tuotteita, jotka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. Direktiivi on myös huomioitava uusien tuotteiden suunnittelussa, markkinoille saattamisessa ja käyttöönnotossa. /4/

2.2 ATEX-olosuhdedirektiivi

ATEX-olosuhdedirektiivissä 99/92/EY säädetään räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelevien työntekijöiden työturvallisuudesta ja terveyden turvaamisesta. Tämän direktiivin toimeenpaneva kansallinen lainsäädäntö velvoittaa työnantajia noudattamaan direktiivissä määrättyjä vähimmäisvaatimuksia. /4/

ATEX-olosuhdedirektiivi edellyttää sitä, että kaikissa räjähdysvaarallisissa tiloissa on työvälineet ja suojausmenetelmät valittu laitedirektiivissä säädettyjen luokkien mukaisesti. ATEX-olosuhdedirektiivissä säädetään tilaluokituksesta, joka puolestaan tarkoittaa sitä, että siinä annetaan ns. kriteerit, joiden avulla tilaluokitus voidaan tehdä. Lisäksi se määrittää mitä laitedirektiivin mukaisia laitteita saa käyttää missäkin tilaluokassa. Olosuhdedirektiivi ei velvoita käyttämään mitään tiettyjä laitesuunnittelun standardeja (esim. EN 1127 ja EN50014), mutta niistä voi olla suurta apua suojaustason arvioinnissa. /4/

ATEX-olosuhdedirektiivi on kuitenkin vain vähimmäisvaatimusdirektiivi. Tämän takia kussakin EU-valtiossa on myös noudatettava direktiivin toimeenpanevaa kansallista säädöstä. Suomessa tämä säädös on VNa 576/2003, mikä astui Suomessa voimaan 1.9.2003. /2/

3 EX-TILAT

Ex-tiloja esiintyy mm. kemianteollisuudessa ja energian tuotannossa. Liitteen 1 taulukkoon on kirjattu esimerkkejä eri aloilla syntyvistä räjähdysvaaratilanteista. ATEX-olosuhdedirektiivissä säädetään räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelevien työntekijöiden työturvallisuudesta ja terveyden turvaamisesta. Tämä olosuhdedirektiivi asettaa työnantajalle useita vaatimuksia. Työnantajan on toteutettava teknisiä ja hallinnollisia toimenpiteitä, joiden avulla voidaan estää räjähdysvaarallisten ilmaseosten muodostuminen ja välttää niiden syttyminen sekä vähentää räjähdysten vahingollisia vaikutuksia. /2;15/

Työnantajan on tehtävä räjähdysvaaran arviointi työolojen puitedirektiivin 89/391/ETY mukaisesti. Arvioinnissa määritellään mm. räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymisen kesto ja selvitetään mahdolliset syttymislähteet. Työnantajan on laadittava tästä räjähdys-suojausasiakirja, joka on pidettävä ajan tasalla. Asiakirjassa todetaan mm. niin, että räjähdysvaaran arviointi tulee olla tehtynä ja asianmukaiset toimenpiteet toteutettuina. /2/

3.1 Tilaluokitukset

Työnantajan on tehtävä tilaluokitus tilasta, jossa saattaa esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Tilaluokitus on suoritettava olosuhdedirektiivin liite I:n mukaisesti. Työnantajan on varmistettava, että tilaluokituksissa noudatetaan vähimmäisvaatimuksia, jotka taas määrätään direktiivin II:ssa liitteessä. Taulukkoon 1 on merkitty olosuhdedirektiivin mukaiset tilaluokitukset tiloista, joissa käsitellään palavia nesteitä. /2/

Taulukko 1 ATEX-olosuhdedirektiivin 99/92/EY liite I mukaiset tilaluokituksen määritelmät tiloista, joissa käsitellään palavia nesteitä /11/

Tila-luokka	Tilaluokan määritelmä
0	ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein
1	ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos, joka todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti
2	toisaalta ilman ja toisaalta kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on normaalitoiminnassa epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan

Taulukkoon 2 on merkitty olosuhdedirektiivin mukaiset tilaluokitukset tiloista, joissa esiintyy räjähdyskelpoisia pölyjä.

Taulukko 2 ATEX-olosuhdedirektiivin 99/92/EY liite I mukaiset tilaluokituksen määritelmät tiloista, joissa esiintyy palavia pölyjä /11/

Tila- luokka	Tilaluokan määritelmä
20	ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein
21	ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti
22	ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan

Kuvassa 2 on esitetty ATEX-olosuhdedirektiivin 99/92/EY mukainen kilpi, jolla merkitään räjähdysvaarallinen tila. /15/



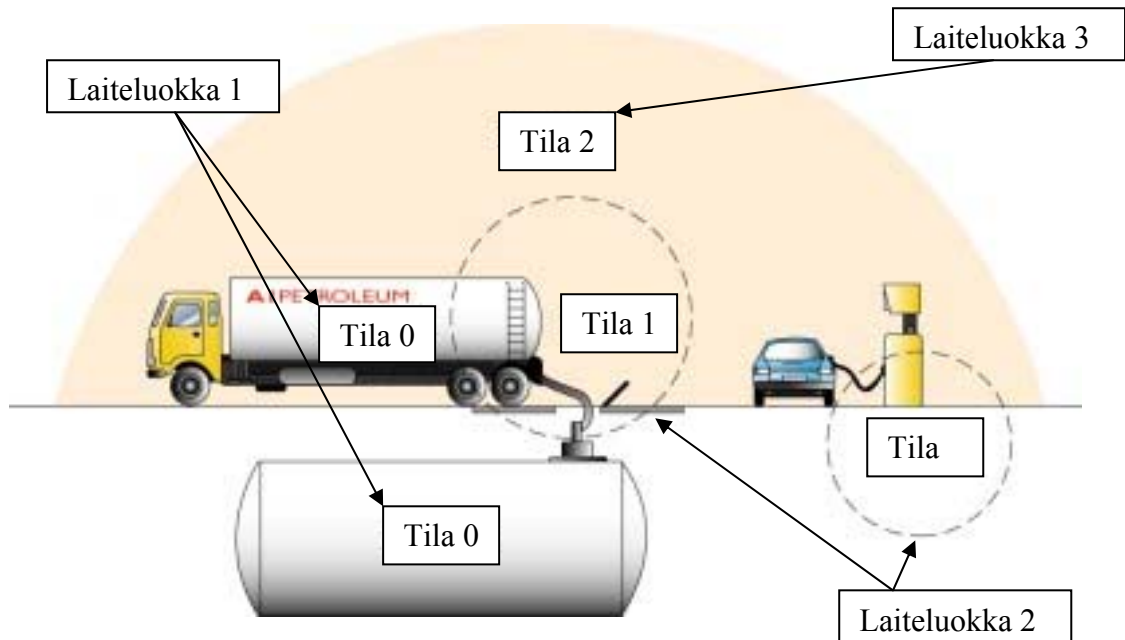
Kuva 2 Olosuhdedirektiivin mukainen EX-tilan varoitusmerkki /16/

3.2 Laiteluokkien ja tilaluokkien välinen suhde

Kokonaisvaltaisen räjähdysuojauksen takana on laiteluokkien ja tilaluokkien välinen suhde. Kun tilaluokitus on tehty, voidaan valita siihen tilaan sopivat laitteet laiteluokituksen avulla. Taulukossa 3 on esitetty laitedirektiivin ja olosuhdedirektiivin välinen suhde. Laiteluokitusta käsitellään tarkemmin kohdassa 4. Kuva 3 antaa tarkemman ja havainnollisemman käsityksen tilaluokituksista ja niiden välisestä suhteesta. /4/

Taulukko 3 Tilaluokkien ja laiteluokkien välinen suhde /2/

Laiteluokka	Tilaluokka	Ilmaseos	Käyttävissä myös tilaluokassa
1	0	kaasu, höyry, sumu	1 ja 2
2	1	kaasu, höyry, sumu	2
3	2	kaasu, höyry, sumu	—
1	20	pöly	21 ja 22
2	21	pöly	22
3	22	pöly	—



Kuva 3 Tilaluokkien ja laiteluokkien välinen suhde /8/

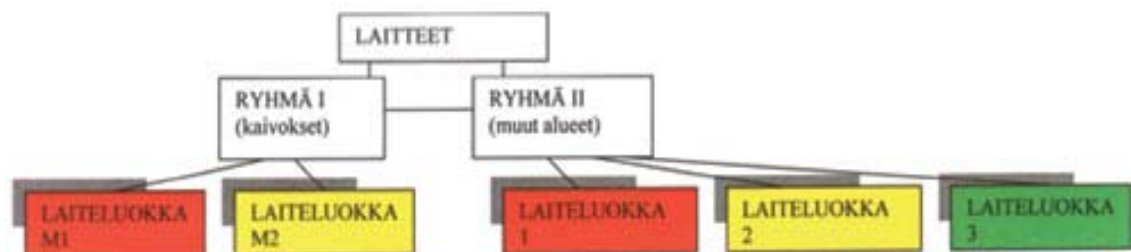
4 EX-LAITTEET

Laiteryhmien luokitteluperusteet määrätään ATEX-laitedirektiivin 94/9/EY liitteessä I. Lisäksi, direktiivin liitteessä II määrätään laitteiden olennaiset vaatimukset.

4.1 Laiteryhmät ja laiteluokat

Laitedirektiivissä Ex-laitteet jaetaan kahteen eri ryhmään. Ryhmäjako tehdään käyttöympäristön mukaan. Nämä ryhmät ovat ryhmä I ja ryhmä II. Ryhmään I kuuluvat maan alla käytettävät laitteet, joita käytetään kaivoksissa ja niiden maanpäällisissä osissa. Ryhmään II kuuluvat laitteet, joita käytetään maan pinnalla. Näille kummallekin ryhmälle määritellään eri vaatimuksia, joilla tarkoitetaan laiteluokkia. /2/

Ryhmän I laiteluokat ovat M1 ja M2. M1 -laiteluokassa edellytetään erittäin korkeaa turvallisuustasoa. M2 laiteluokassa edellytetään korkeaa turvallisuustasoa. Ryhmän II laiteluokat ovat 1, 2 ja 3. Laiteluokka 1 edellyttää erittäin korkeaa turvallisuustasoa, laiteluokka 2 korkeaa turvallisuustasoa ja laiteluokka 3 normaalia turvallisuustasoa. Kuvassa 4 on havainnollisempi esitys laiteryhmistä ja laiteluokista. /4/



Kuva 4 Laiteryhmät ja niiden laiteluokat /14/

Ryhmän II laitteet jaetaan vielä alajaostoihin niiden käyttöympäristön räjähdyskelpoisten ilmaseosten mukaisesti. Näitä alajaostoja kutsutaan räjähdysryhmiksi, joita on kolme. Nämä räjähdysryhmät ovat IIA, IIB ja IIC. Laitteen räjähdysryhmä riippuu kuinka paljon laite säteilee energiaa. Laitteen testausvaiheessa mitataan tai arvioidaan laitteesta säteilevän energian määrä ja laite ryhmitellään sen mukaan. Lisäksi räjähdysryhmät luokitellaan suurimman kokeellisen turvarakon (MESG) mukaan. Suurin kokeellinen turvarako eli MESG (Maximum Experimental Safe Gap) on testauslaitteiston kahden osan välisen sauman suurin rako. MESG:iä käsitellään tarkemmin kohdassa 7.1.1. /1/

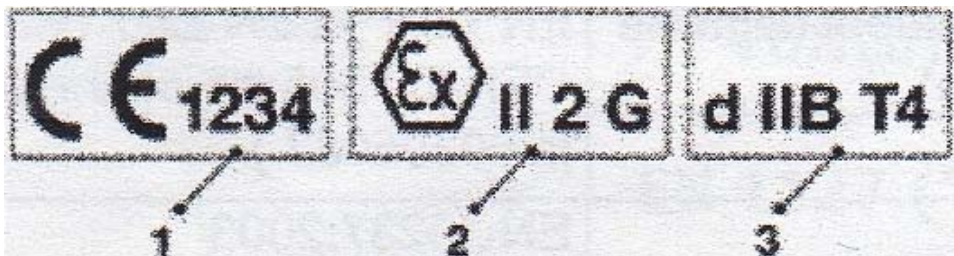
4.2 Laitteiden pakolliset merkinnät

Direktiivin liitteessä II, kohdassa 1.0.5 edellytetään, että kussakin laitteessa ja suojausjärjestelmässä on oltava vähintään seuraavat tiedot:

- valmistajan nimi ja osoite
- sarja- ja tyyppimerkintä
- mahdollinen sarjanumero
- valmistusvuosi
- räjähdysuojelun erityismerkintä ja laitteiden ryhmän ja luokan tunnus

Laitteet, jotka kuuluvat ryhmään 2, edellytetään lisämerkintää ”G” ja ”D”. Lisämerkintä ”G” tarkoittaa kaasuvaarallisia tiloja ja ”D” tarkoittaa pölyvaarallisia tiloja. /4;7/

Kuvassa 5, vasemmalla on esimerkki CE-merkinnästä, joka on oltava tuotteessa ennen kuin se saatetaan markkinoille tai otetaan käyttöön. Samassa kuvassa on myös esimerkkejä muista Ex-merkinnöistä eri tilanteissa.

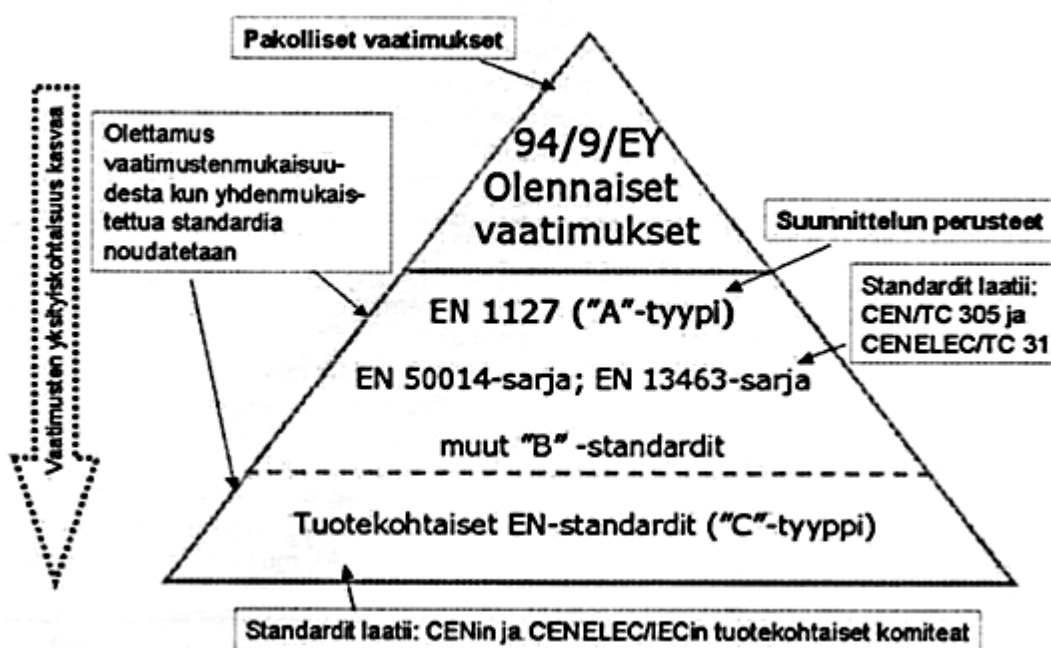


Kuva 5 Esimerkki Ex-merkinnöistä /4/

Kuvan 5, numerolla 1 ja 2 osoitetut merkinnät tarkoittavat ATEX-laitedirektiivin vaatimuksia. Numerolla 3 osoitettu merkintä kertoo standardien noudattamisesta. /4/

5 LAITESUUNNITTELUN STANDARDIT

Laitteen suunnittelu ja toteuttaminen vaatii lähes aina tiettyjä reunaehtoja. Useimmiten suunnittelija joutuu perehtymään erilaisiin standardeihin ja direktiiveihin ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista. Tämä koskee muitakin kuin Ex-laitteita. Kuvassa 6 on esitettyä ATEX-laitedirektiivin ja standardien välinen suhde.



Kuva 6 ATEX-direktiivin ja standardien välinen työnjako /4/

Kuvasta 6 voidaan nähdä, että ATEX-direktiivi määrittelee pakolliset vaatimukset laitteelle. Direktiiviä tukevat A-tyypin standardit ja B-tyypin standardit. A-tyypin standardeissa määritellään laitesuunnittelun perusteet. B-tyypin standardit sisältävät laitesuunnittelun yleiset vaatimukset ja suojausmenetelmät. Tässä kohdassa tarkastellaan ATEX-direktiiviin liittyviä A- ja B-tyypin standardeja, jotka täydentävät ATEX-direktiivin olennaisia vaatimuksia. /4/

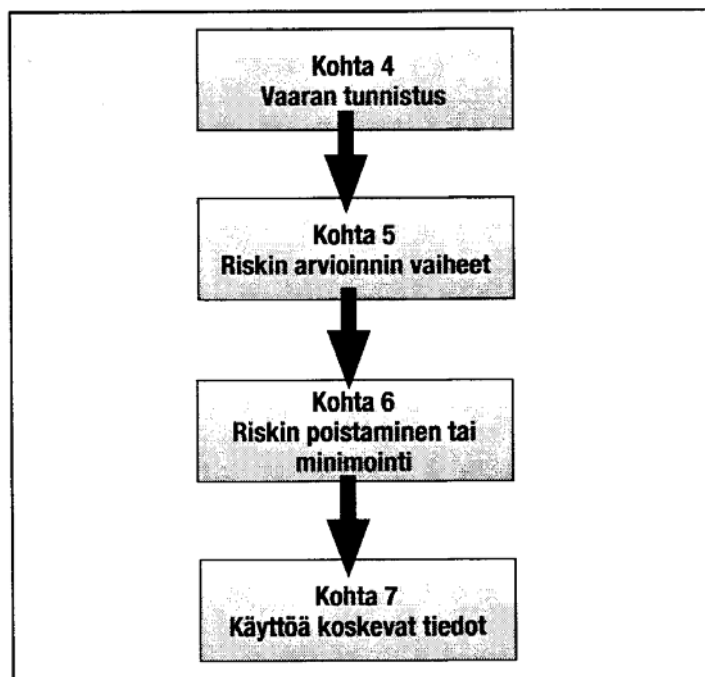
Kuvassa 6 olevaan EN 50014 -standardisarjaan kuuluvat standardit ovat korvautumassa vähitellen EN 60079 -standardisarjan standardeilla. Tällaisessa muutosvaiheessa saattaa syntyä tilanne, jossa jo kumotulla EN 50014 -standardisarjan standardilla saattaa jonkin aikaa olla yhdenmukaisen standardin asema. Yhdenmukaistettujen standardien tilanteet voi käydä tarkistamassa EU-komission verkkosivuilta. /5/

Suomessa räjähdysvaarallisten tilojen standardisointi perustuu IEC:n (Commission Electrotechnique Internationale) ja CENELEC:n (eng. European Committee for Electrotechnical Standardization) luomiin standardeihin. Suomessa SESKO osallistuu näiden järjestöjen yhteistyöhön ja edustaa samalla Suomea. SESKO on Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardointijärjestö, joka saattaa IEC:n ja CENELEC:n kanssa saavutettujen töiden tulokset kansallisiksi SFS-standardeiksi./13/

5.1 A-tyyppin standardi EN 1127

A-tyyppin standardissa EN 1127 määritellään, miten räjähdysuojaus ja räjähdysten esto voidaan toteuttaa suojausjärjestelmän, komponenttien suunnittelun ja rakenteen avulla. Tämä standardi on kaksiosainen. Ensimmäisessä osassa (EN 1127-1:2007) käsitellään ryhmän II laitteita ja toisessa osassa (EN 1127-2:2002) ryhmän I laitteita. A-tyyppin standardit koskevat sähkölaitteita sekä muita laitteita. /2/

EN 1127 standardi mahdollistaa sen, että suunnittelijalla on käytettävissään yleisstandardi, joka kuvaa ATEX-direktiivin vaatimuksia. Lisäksi se mahdollistaa sen, että valmistajat voivat itse tehdä vaatimustenmukaisuuden arviointiin liittyvät toimet. Standardi ei sisällä yksityiskohtaisia tietoja tai kuvauksia suojausjärjestelmistä tai -menetelmistä. Kuvassa 7 on esitettyä standardin EN 1127 mukainen turvallisuusfilosofia. /2;4/



Kuva 7 Standardin EN 1127 mukainen turvallisuusfilosofia /2/

5.1.1 Vaaran tunnistaminen

Vaaran tunnistusvaiheessa käsitellään aineiden palamisominaisuuksia, syttymisominaisuuksia ja räjähdyskäyttäytymistä. Tämän vaiheen tiedot perustuvat laboratorionkokeisiin. Joissain tapauksissa aineen eri ominaisuudet voidaan selvittää myös laskemalla. Tässä vaiheessa määriteltävien aineiden syttymisominaisuuksien tuloksia pidetään vertailukohtana riskin arvioinnin vaiheessa, kun määritellään aktiivisia syttymislähteitä. /3/

5.1.2 Riskin arvioinnin vaiheet

Riskin arviointivaiheessa määritellään räjähdyskelpoisten ilmaseosten määrä ja esiintyminen, aktiiviset syttymislähteet ja mahdollisen räjähdysaiheuttamat seuraukset.

Räjähdyskelpoisten ilmaseosten määrä ja esiintyminen

Räjähdyskelpoisten ilmaseosten määrää ja esiintymistä määriteltäessä saattaa tulla tilanne, jossa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen määrää tai esiintymistä ei voida määrittää. Tämä tarkoittaa silloin sitä, että on oletettava räjähdyskelpoisen ilmaseoksen olevan jatkuvasti läsnä. Tämä ei kuitenkaan ole tarpeen, mikäli käytössä on esimerkiksi kaasuilmaisin tai jokin muu aineen ilmassa olevaa pitoisuutta mittaava laite. /3/

Aktiiviset syttymislähteet

Tässä vaiheessa määritellään aktiiviset syttymislähteet, jotka ovat seuraavat:

- kuumat pinnat
- liekit ja kuumat kaasut
- mekaanisesti syntyvät kipinät
- sähkölaitteet
- staattinen sähkö
- salama
- elektromagneettinen säteily
- ultraääni
- ionisoiva säteily
- kemialliset reaktiot
- adiabaattinen puristus

Esimerkkinä aktiivisten syttymislähteiden määrittämisestä tarkastellaan elektromagneettista säteilyä. Kaikki radiotaajuista sähköenergiaa tuottavat laitteet, kuten esimerkiksi radiolähetin, lähettävät sähkömagneettisia aaltoja. Jos laitteen säteilykenttään kuuluu jokin sähköä johtava osa ja laitteen säteily on riittävän voimakasta, niin voi vastaanotettu radiotaajuinen energia saada esimerkiksi ohuet johtimet hohtamaan tai tuottamaan kipinöitä. Lisäksi, syttymislähteiden sytyttämiskykyä on aina verrattava palavan aineen syttymisominaisuuksiin. Palavien aineiden syttymisominaisuudet määritellään vaaran tunnistusvaiheessa. /3/

Räjähdyksen aiheuttamat seuraukset

Mahdollisen räjähdysten tapahtuessa on huomioitava erilaisia tekijöitä, kuten esimerkiksi liekit ja lämpösäteily. Näiden tekijöiden seuraukset riippuvat palavien aineiden kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista sekä räjähdyskelpoisen ilmaseoksen määrästä. Kun monet tekijät voivat vaikuttaa seurauksiin, on arviointi tehtävä jokaisessa yksittäisessä tapauksessa erikseen. /3/

5.1.3 Riskien poistaminen ja minimointi

Riskien poistamisessa ja minimoimisessa pyritään välttämään ja vähentämään räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Tässä vaiheessa määritellään myös räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu. Tarkoituksena on minimoida tai poistaa sellaisia riskejä, jotka on havaittu jo riskin arvioinnin vaiheessa. Varautuminen hätätilanteisiin on myös oleellinen osa tätä vaihetta. Räjähdyksen estoa ja suojausta varten tarkoitettuja mittaus- ja ohjausjärjestelmiä koskevat periaatteet on esitetty standardissa EN 954-1. /3/

Esimerkkinä riskien poistamisesta ja minimoimisesta voidaan mainita kaasuilmaisoin. Kun kaasuilmaisoin havaitsee ilmassa olevan liian paljon vaarallista ainetta, se antaa hälytyksen ja varoittaa tilassa työskenteleviä henkilöitä. Jos kaasuilmaisoin on kytketty toimimaan releohjauksella, voi laite itsenäisesti suorittaa jonkin turvallisuuteen liittyvän toimenpiteen, kuten sammuttaa tilassa olevat sähkölaitteet tms. Tällä tavoin saadaan syttymislähteet eliminoiduiksi. /3/

5.1.4 Käyttöä koskevat tiedot

Tässä vaiheessa määritellään tiedot, jotka tulee toimittaa laitteen mukana. Tällaisia tietoja ovat erilaiset käyttöohjeet, kunnossapitoa koskevat tiedot ja käyttöön liittyvät tie

dot. Ohjeissa on esitettävä laitteen ryhmä ja laiteluokka. /4/

5.2 B-tyyppin standardit

Laitesuunnittelijan kannalta tärkeimpiä standardeja ovat B-tyyppin standardit. Niissä käsitellään räjähdysuojauksen menetelmiä ja rakennetyyppejä, joita sovelletaan laitesuunnittelussa. EN 50014-sarjan standardeissa on jokaiselle suojausmenetelmälle olemassa oma standardinsa. Tosin jo aiemmin mainittiin kohdan 5 lopussa, että EN 50014-standardisarjan standardeista osa saattaa olla jo korvattu uudella IEC-60079-standardisarjan standardilla. Taulukkoon 4 on kirjattu yhteenveto näistä räjähdysuojaurakenteiden standardeista.

EN 50014-sarjan ja IEC-60079-sarjan standardit koskevat sähkölaitteita. Muille kuin sähkölaitteille on olemassa EN 13463-sarjan standardit. Eri räjähdysuojaurakenteita tutkitaan lisää kohdassa 6. /1;4;5/

Taulukko 4 Yhteenveto räjähdysuojaurakenteiden standardeista sähkölaitteille /1/

Standardin tunnus	Räjähdysuojaurakenteen tunnus	Räjähdysuojaurakenteen nimitys	Saavutettavat laiteluokat
EN 50014 IEC 60079:0	—	Yleiset vaatimukset	—
EN 50015 IEC 60079:6	Exo	Öljytäytteinen rakenne	2
EN 50016 IEC 60079:2	Exp	Paineistettu rakenne	2
EN 50017 IEC 60079:5	Exq	Hiekkatäytteinen rakenne	2
EN 50018 IEC 60079:1	Exd	Räjähdyspaineen kestävä kotelointi	2 ja M2
EN 50019 IEC 60079:7	Exe	Varmennettu rakenne	2 ja M2
EN 50020 IEC 60079:11	Exi	Luonnostaan vaaraton rakenne	1, 2 ja M1, M2
EN 50028 IEC 60079:18	Exm	Massaan valettu rakenne	2
EN 50028 IEC 60079:18	Exn	Kipinöintiä estävä rakenne	3

Uusien direktiivien avulla suunnittelijalla voi nykyisin yhdistää eri suojarakenteita.

Näin hän voi helpottaa omaa työtään ja lisätä turvallisuutta. Myös kustannuksia saadaan tämän avulla vähennetyksi. /1/

6 RÄJÄHDYSSUOJAUSRAKENTEET

Räjähdyksivaarallisen tilan sähkölaite voidaan suunnitella käyttäen erilaisia räjähdys-
suojausrakennemenetelmiä. Tällaisia menetelmiä on useita. Voidaan ajatella niin, että
on kolme peruslähestymistapaa, miten räjähdysuojaus voidaan toteuttaa:

- räjähdysten rajoittaminen
- syttymislähteiden eristäminen
- energian rajoittaminen

Näiden lähestymistapojen avulla voidaan valita sopiva räjähdysuojausrakenne suunni-
teltavalle laitteelle. Taulukossa 4 kuvataan, miten jokaiselle suojausrakennemenetelmäl-
le on olemassa oma kirjainlyhenne, mikä tulee sen englanninkielisestä nimestä. Seuraa-
vaksi tarkastellaan näitä eri räjähdysuojausrakenteita ja niiden soveltuvuutta kuhunkin
eri tilaan. /1/

6.1 Öljytäytteinen rakenne (Exo)

Öljytäytteinen rakenne (Exo) ei ole kovinkaan suosittu menetelmä, koska menetelmän
luotettavuus perustuu öljyn koostumuksen eristävyys sekä siihen, kuinka syvälle
laite upotetaan öljyyn. Laitteen tulee peittyä öljyyn vähintään 25 mm. Tätä menetelmää
käytetään tavallisesti tilaluokassa 1. Kuvassa 8 on esitettyä öljytäytteen räjähdys-
suojauksen rakenne.

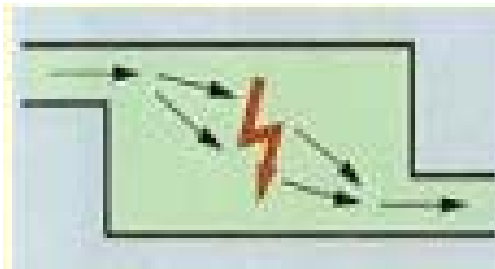


Kuva 8 Öljytäytteinen rakenne (Exo)/9/

Alun perin tämä rakenne suunniteltiin korkeatehoisille laitteille. Tavallisesti tätä raken-
netta käytetään vahvavirtamuuntajissa, joissa tämä menetelmä toimii räjähdysuojausk-
senssa lisäksi jäähdyttäjänä ja eristysominaisuuksien tarjoajana. Sopivan öljyn valitseminen
kuitenkin on hyvin hankalaa, sillä öljyt saattavat tuottaa myrkyllisiä tai vaarallisia
höyryjä. /1/

6.2 Suojatuuletteen rakenne (Exp)

Suojatuuletteen rakenne (Exp) perustuu siihen, että kotelon sisään pumpataan ilmaa, joka estää vaarallisten kaasujen ja höyryjen pääsyn koteloon. Kotelon sisällä siis pidetään ylipainetta, jonka tulee pysyä 50 Pa korkeampana kuin laitetta ympäröivän ilmanpaineen. Tällä tavoin voidaan eristää syttymislähteet vaarallisista ilmaseoksista. Kuvassa 9 on esitettyä suojatuuletteen räjähdysuojauksen rakenne.



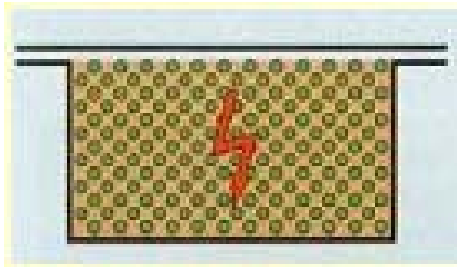
Kuva 9 Suojatuuletteen rakenne (Exp) /9/

Tätä rakennetta usein hyödynnetään varsinkin ohjauspaneeleissa ja muissa isoissa laitteissa. Tämä menetelmä sopii tavallisesti tilaluokkiin 1 ja 2. /1;3/

6.3 Hiekkatäytteinen rakenne (Exq)

Hiekkatäytteinen rakenne (Exq) on harvakseltaan käytetty menetelmä. Yleensä sitä käytetään yhdistäessä eri suojausrakennemenetelmiä. Tässä menetelmässä sähkölaitteen kotelo täytetään hiekalla tai kvartsijauheella. Tällä tavoin saadaan kuumat pinnat eristetyksi ja kipinöinnit estetyksi.

Hyvänä esimerkkinä tämän menetelmän käytöstä ovat loisteputkilamput, joissa ns. pääsuojauksena käytetään varmennuttua rakennetta (Exe). Näiden lamppujen sytyttimet on usein eristetty hiekalla tai kvartsijauheella. Rakennetta käytetään myös kondensaattoreissa ja muuntajissa. Kuvassa 10 on esitettyä hiekkatäytteen räjähdysuojauksen rakenne.

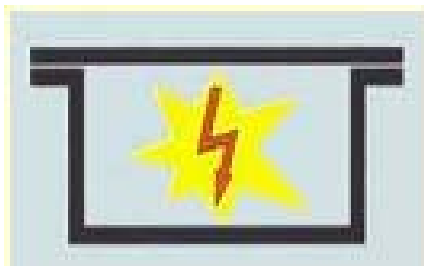


Kuva 10 Hiekkatäytteinen rakenne /9/

Hiekkatäytteiselle rakenteelle standardissa määritellään tarkat rajat. Nämä rajat ovat 16 A, 1000 VA ja 1000 V. Tämä rakenne on tarkoitettu käytettäväksi tilaluokassa 2. /1;3/

6.4 Räjähdyspaineen kestävä rakenne (Exd)

Räjähdyspaineen kestävä rakenne (Exd) toimii siten, että ne osat, jotka mahdollisesti voivat aiheuttaa räjähdysten sijoitetaan kotelon sisälle. Mahdollisen räjähdysten tapahtuessa kotelon tulee kestää räjähdys ja estää, että räjähdys ei leviä kotelon ulkopuolelle. Tämä on siis sellainen suojausrakenne, jossa räjähdys sallitaan, mutta räjähdys on kuitenkin hallittu. Kuvassa 11 on esitettyinä räjähdyspaineen kestävänsuojauksen rakenne.

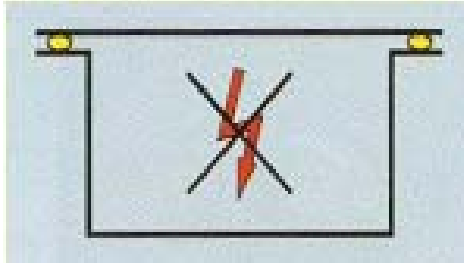


Kuva 11 Räjähdyspaineen kestävä rakenne (Exd)/9/

Kotelon rakenteen tulee tässä menetelmässä olla riittävän suuri. Kotelon tulee kestää sen sisällä syntyvä räjähdyspaine, mikä räjähdysten tapahtuessa yleensä on n.10 bar. Tätä rakennetta käytetään usein katkaisijoissa, lämmityslaitteissa ja lamputissa. Rakenne sopii tilaluokkiin 1 ja 2. /1;3/

6.5 Varmennettu rakenne (Exe)

Varmennettu rakenne (Exe) on ehkä laajimmin käytetty suojausrakenne. Sen avulla saavutetaan muita suurempi turvallisuus rakenteellisin keinoin, kuin normaalirakenteisissa sähkölaitteissa. Tässä rakenteessa estetään tai vaikeutetaan kipinäinnin ja valokaarien syntyä ja lämpötilan nousua. Kuvassa 12 on esitettyinä varmennetun rakenteen periaate.



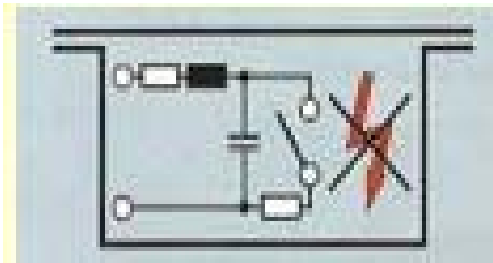
Kuva 12 Varmennettu rakenne (Exe)/9/

Tätä rakennetta käytetään usein kytkentärasioissa, haaroitusrasioissa ja valaisimissa.

Rakenne sopii käytettäväksi tilaluokissa 1 ja 2. /1;3/

6.6 Luonnostaan vaaraton rakenne (Exi)

Luonnostaan vaaraton rakenne (Exi) perustuu tehon rajoittamiseen. Tämä tapahtuu siten, että virtapiiriin jännitettä tai virtaa rajoitetaan niin, ettei syttymislähteitä synny. Tässä rakenneryhmässä laitteet voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, Exia ja Exib. Ensin mainitussa vaaraa ei saa aiheutua kahden mielivaltaisen vian ilmetessä. Toisessa vaaraa ei saa aiheutua yhden mielivaltaisen vian ilmetessä. Kuvassa 13 on esitettyinä luonnostaan vaarattoman rakenteen periaate.



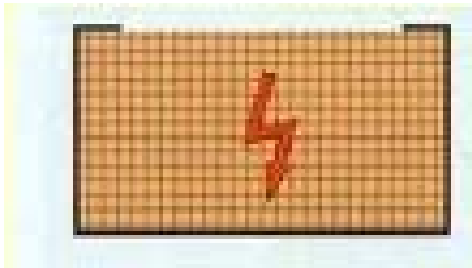
Kuva 13 Luonnostaan vaaraton rakenne (Exi)/9/

On myös olemassa laitteita, joita kutsutaan ns. yksinkertaisiksi laitteiksi, joita voidaan käyttää räjähdysvaarallisissa tiloissa. Ne ovat laitteita, jotka eivät varastoi energiaa, kuten esimerkiksi LEDit ja resistorit. Yksinkertaiseksi laitteeksi katsotaan laite, joka ei varastoi energiaa eikä ylitä seuraavia rajoja: 1,5 V, 100 mA ja 25 mW. Tätä /1;3/

6.7 Massaan valettu rakenne (Exm)

Massaan valettu rakenne (Exm) on hyvin samantapainen kuin öljytäytteinen rakenne. Tässä rakenteessa laite valetaan massaan siten, että räjähdyskelpoinen ilma ei pääse

kosketuksiin syttymislähteiden kanssa. Kuvassa 14 on esitettyä massa-valetun rakenteen periaate.



Kuva 14 Massaan valettu rakenne (Exm) /9/

Tätä rakennetta käytetään usein pienissä laitteissa ja komponenteissa, kuten esimerkiksi erilaisissa antureissa. Tätä suojarakennetta hyödynnetään usein elektroniikkateollisuudessa. Rakenne sopii tilaluokkiin 1 ja 2. /1;3/

6.8 Kipinöintiä estävä rakenne (Exn)

Kipinöintiä estävä rakenne (Exn) on ehkä luonnostaan vaarattoman rakenteen (Exi) lisäksi käytetyin suojausrakenne. Nämä edellä mainitut suojarakenteet muistuttavat toisiinsa paljon. Siitä huolimatta näillä suojarakenteilla on eroavaisuuksia. Kipinöintiä estävä rakenne on suunniteltu käytettäväksi vain tilaluokassa 2, kun luonnostaan vaaraton rakenne on tarkoitettu käytettäväksi tilaluokissa 0, 1 ja 2. Kipinöintiä estävää rakennetta (Exn) käytetäänkin usein yhdessä vaarattoman rakenteen (Exi) kanssa. /1/

6.9 Erikoisrakenne (Exs)

Erikoisrakennetta (Exs) käytetään sellaisissa erityistapauksissa, joissa mitään edellä esitellyistä rakenteista ei voida syystä tai toisesta käyttää. Se on tarkoitettu vain tiettyä käyttöä varten ja se on valmistettu erityistavalla. Tämä menetelmä on hyvin harvoin käytetty rakenne. /3/

7 RÄJÄHDYSSUOJAUSRAKENTEIDEN TOIMINTA

Edellä esitellyistä suojausrakenteista öljytäytteinen, hiekkatäytteinen ja massatäytteinen, ovat suhteellisen yksinkertaisia suojausmenetelmiä. Sen sijaan, räjähdyspaineen kestävä rakenne, paineistettu rakenne, luonnostaan vaaraton rakenne ja varmennettu rakenne ovat hieman edellä mainittuja rakenteita monimutkaisempia ja kaipaavat perusteellisempää tarkastelua sekä käytännön esimerkkejä. Seuraavaksi perehdytään edellä mainittuja monimutkaisempiin rakenneperiaatteisiin ja niiden toimintaan.

7.1 Räjähdyssuojausrakenne 'd'

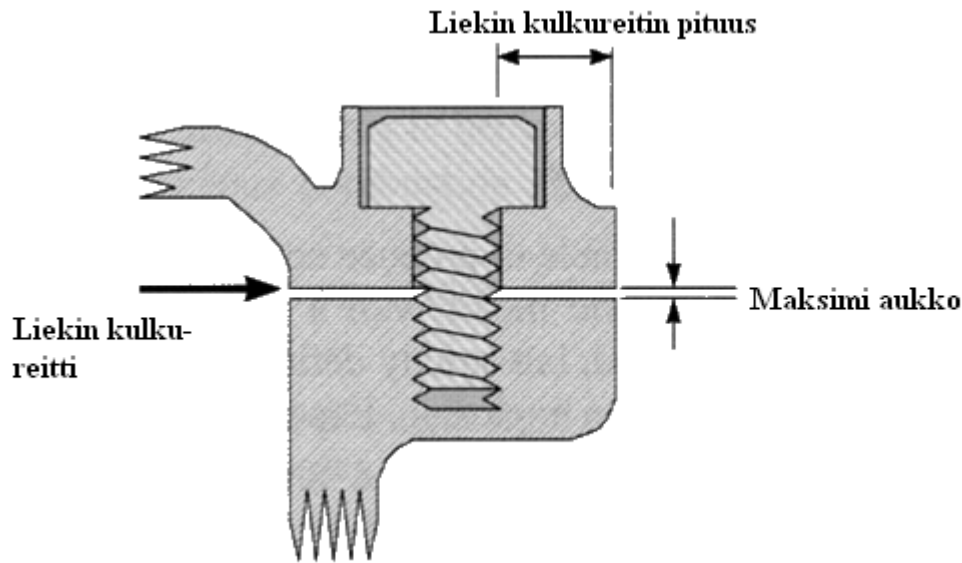
Räjähdyspaineen kestävä rakenne on yksi vanhimmista suojausrakenteista. Lyhyesti sanottuna rakenne toimii siten, että kotelon sisään asetetaan ns. ei-sähköiset laitteet, kuten releet ja kytkimet. Mikäli koteloon sisään pääsee räjähdyskelpoista ilmaseosta, joka räjähtää, tulee kotelon kestävä tämä räjähdys ja estää kotelon sisällä syntyneiden liekkien pääsy kosketuksiin kotelon ulkopuolella olevan vaarallisen ilmaseoksen kanssa. /1/

7.1.1 Rakenteelliset vaatimukset

Räjähdyksen kestävä kotelointi suunnitellaan siten, että se kestävä kotelon sisällä tapahtuvan räjähdyspaineen. Tästä syystä erillisiä aukkoja, joista paine pääsisi purkautumaan, ei tarvitse suunnitella. Käytännössä ei kuitenkaan voida suunnitella koteloa, joka olisi täysin tiivis. Koteloissa on lähes aina liitoskohtia, jotka eivät ole täysin tiiviitä. Tällaisia liitoskohtia kutsutaan räjähdysuojaliitoksiksi. Räjähdyssuojaliitos on kohta, jossa kotelon kaksi eri vastinpintaa liittyvät toisiinsa ja estävät räjähdyspaineen etenemisen kotelon ulkopuolelle. Kuvassa 15 on esitetty tällainen räjähdysuojaliitos. /1;4/

Räjähdyksen tapahtuessa räjähdysenergia saattaa nostaa kantta ja synnyttää liitoskohtien väliin aukkoja. Liitoskohtien väliin syntyvän aukon suurin sallittu rako riippuu räjähdysvaarallisen aineen ominaisuuksista. Räjähdyksen tapahtuessa liekit kulkeutuvat pitkän tätä aukkoa, jossa ne jäähtyvät eivätkä täten voi sytyttää kotelon ulkopuolella mahdollisesti olevaa räjähdyskelpoista ilmaseosta. Tämä aukon koko määräytyy suurimman kokeellisen turvaraon eli MESH:n mukaan. Suurin kokeellinen turvarako on testauslaitteiston sisäkammioiden kahden osan välinen sauma. Testausympäristössä tämän raon

tulee estää kotelon ulkopuolella olevan kaasuseoksen syttyminen 25mm pituisen sauman kautta. /1;4/



Kuva 15 Räjähdyssuojaliitos /1/

Kuvassa 15 olevan liekin kulkureitin pituus eli toisin sanoen räjähdysuojaliitoksen pituus määräytyy liitoksen leveyden mukaan, jonka taas määrää kotelon koko. Maksimi-aukon koko puolestaan riippuu räjähdysvaarallisen aineen ominaisuuksista, jotka määritetään testausympäristössä (MESG). Esimerkiksi propaanilla suurimman sallitun turva-raon (MESG) koko on 0,4mm. /1;4/

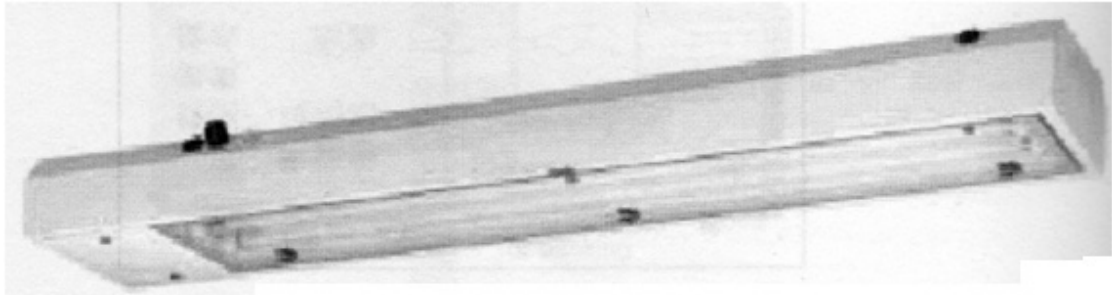
7.1.2 Käyttökohteet ja -olosuhteet

Laitteet, joiden räjähdysuojaus on toteutettu käyttäen räjähdysten kestävästä rakennetusta, on tarkoitettu käytettäväksi tilaluokassa 1, jossa räjähdysvaaran aiheuttaa kaasu tai sumu. Tätä suojarakennemenetelmää voi myös käyttää tilaluokassa 2, mutta sitä ei saa käyttää tilaluokassa 0. Ryhmän I laitteissa on lisäksi huomioitava alumiinin ja magnesiumin käyttö. Tämä johtuu siitä, että hiilipöly ja alumiini yhdessä saattavat syttyä itsestään. Räjähdysten kestävien laitteiden suunnitteleminen, testaaminen ja valmistaminen vaatii suurta huolellisuutta pienintäkin yksityiskohtaa myöten. /1/

Ryhmän I laitteiden suurimmat pintalämpötilat eivät saa ylittää 150 °C sellaisilla pinnoilla, joille pölyä voi kerrostua. Ryhmän II laitteiden suurimmat pintalämpötilat määräytyvät EN 1127-1 standardin kohdan 6.4.2. kohdan mukaisesti /4/

7.1.3 Käytännön esimerkkejä

Räjähdyksen kestäväää rakennetta käytetään monissa käyttökohteissa, kuten esimerkiksi kytkinlaitteissa, ohjauslaitteissa ja osoitinlaitteissa. Kuvassa 16 on esimerkki loistelamppuvalaisimesta, jossa on käytetty räjähdyksen kestäväää rakennetta. Kuvassa 17 puolestaan on tyypillinen esimerkki tämän rakenteen käytöstä kytkimessä. /1/



Kuva 16 Loistelamppuvalaisin, jossa on käytetty räjähdyksen kestäväää rakennetta /1/



Kuva 17 Tyypillinen esimerkki räjähdyksen kestävään rakenteen käytöstä /1/

7.2 Räjähdyssuojausrakenne 'p'

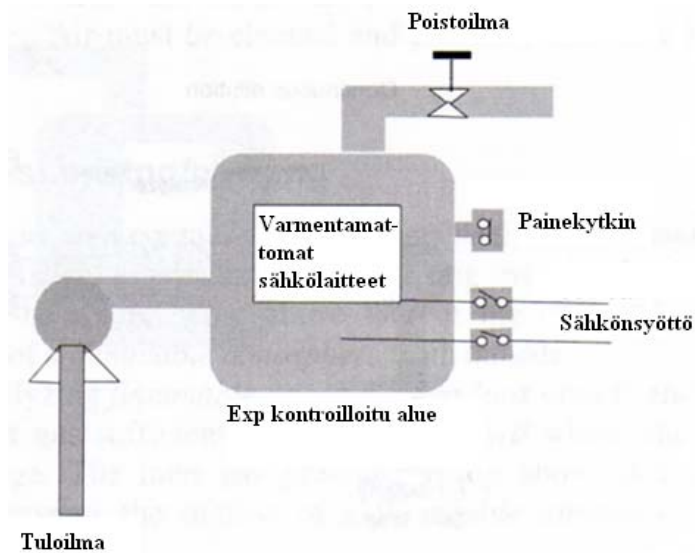
Suojatuuletteen räjähdyssuojarakenne on hyödyllinen suojaustapa, koska sen avulla voidaan luoda keinotekoinen suoja-alue. Tämä suoja-alue sallii lähes kaikkien sähkölaitteiden käytön sen sisäpuolella. Tämä suojausmenetelmä on siis hyvin joustava ja sitä voidaan hyödyntää monessa tilanteessa. Suojarakennetta voidaan käyttää myös pienikokoisissa laitteissa tai jopa kokonainen huone (esim. valvomo) voidaan eristää tällä me-

netelmällä. Tämä suojarakenne kuitenkin on hyvin kallis ja joissain määrin tätä rakennetta hyödyntävien laitteiden käytettävyys on huono. /1/

7.2.1 Rakenteelliset vaatimukset

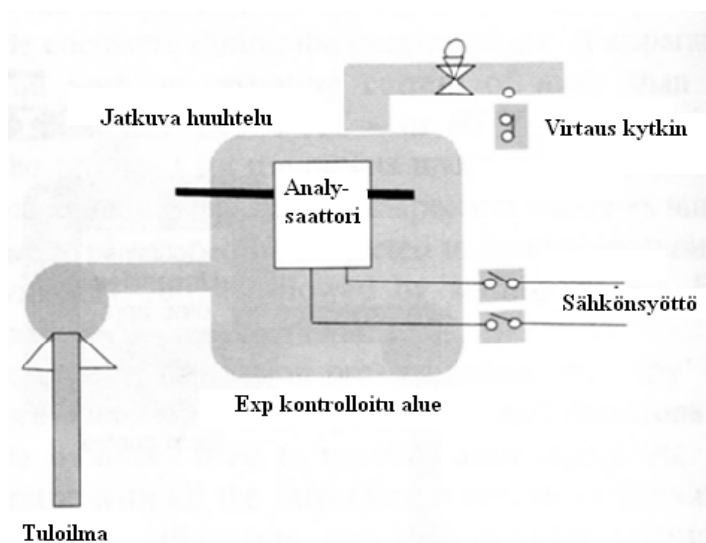
Suojatuuletteinen rakenne perustuu siihen, että kotelon sisällä pidetään ylipainetta, jolla ulkopuolella oleva räjähdysvaarallinen ilmaseos eristetään syttymislähteistä. Tämänkin suojausrakenteen kotelointi vaati mekaanista lujuutta, jotta se kestäisi tietyn ylipaineen. Tämän menetelmän toteuttamisesta on olemassa kaksikin erilaista tapaa. Ensimmäinen tapa on ns. paineistettu rakenne. Tällä tarkoitetaan sitä, että ylipaine ylläpidetään kotelon sisällä. Toinen tapa on huuhtelu. Tässä menetelmässä paineistetun kotelon läpi johdetaan suojakaasu. Ilman toimiessa suojakaasuna räjähdyskelpoisten ilmaseosten tulee laimentua turvallisiin pitoisuuksiin. Jos suojakaasuna on inertti kaasu, niin sisällä olevan hapen pitoisuuden tulee laimentua turvalliselle tasolle. Näitä menetelmiä voidaan myös käyttää yhdessä. /1;4/

Kuvassa 18 on esitettyinä paineistetun rakenteen toimintaperiaate. Tässä kuvassa puhdasta tuloilmaa puhalletaan Exp-kontrolloidulle alueelle, jolla varmentamattomat sähkölaitteet sijaitsevat. Painekeytkin valvoo kotelon sisällä ja ulkona vallitsevaa paineen paine-eroa ja säätelee tuloilmaa. Jos paine laskee alle tietyn rajan, voidaan suorittaa tarvittava turvallisuustoimenpide, esimerkiksi sammuttaa varmentamattomat sähkölaitteet tai antamalla hälytys. Painekeytkimen tulee olla myös Ex-suojattu, jos se sijaitsee räjähdysvaarallisella alueella. Poistoilman ohjaamiseen tulee kiinnittää asennusvaiheessa erityistä huomiota, sillä poistoilman ohjaaminen ns. suoja-alueelle voi siellä aiheuttaa uuden vaaran. /1;4/



Kuva 18 Paineistetun rakenteen toimintaperiaate /1/

Kuvassa 19 on esitettyä sama menetelmä, jossa suoja-alue luodaan huuhtelemalla. Kuvassa (kuva 19) tuloilmaa puhalletaan jatkuvasti kotelon sisään. Huuhtelu voidaan tehdä joko ilmalla tai inertillä kaasulla. Virtauskytkin valvoo läpi puhallettavan ilman tai kaasun virtauksen riittävyyttä. /1/



Kuva 19 Menetelmä jossa suoja-alue luodaan huuhtelemalla /1/

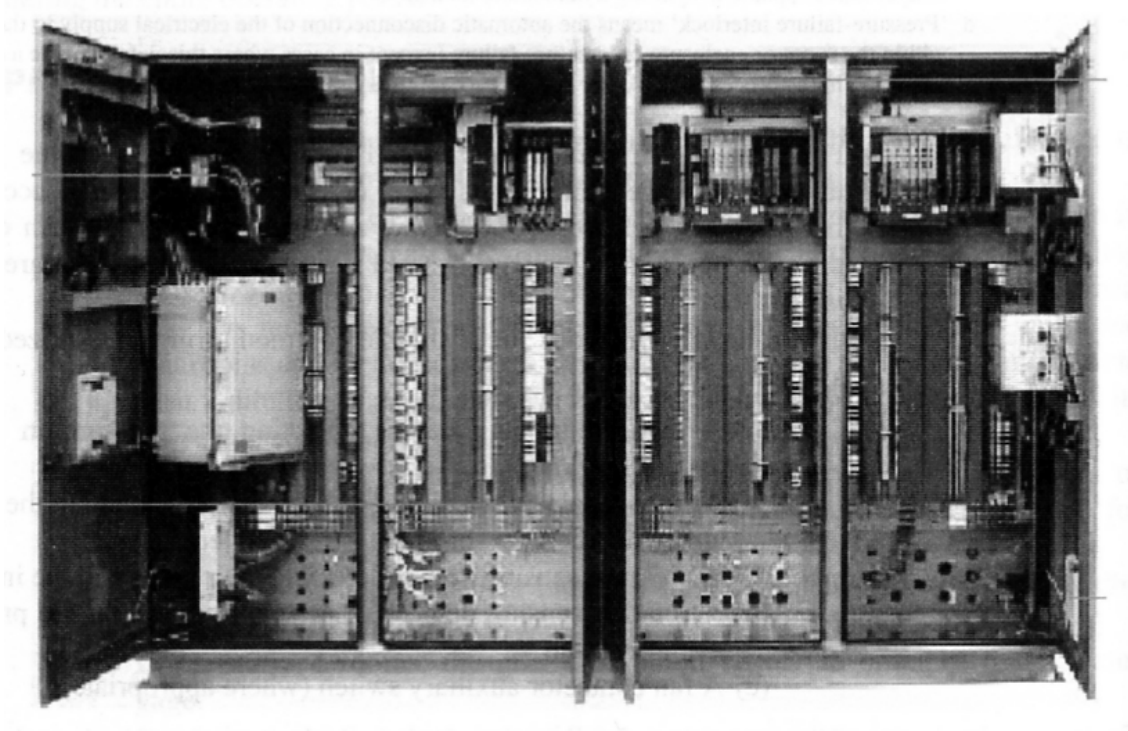
7.2.2 Käyttökohteet ja -olosuhteet

Tämä räjähdysuojamenetelmä on erittäin monipuolinen, koska sen koteloinnin sisään voidaan asentaa lähes mikä tahansa sähkölaite. Suoja-alueen kokokin voi vaihdella hyvin pienestä koteloinnista jopa kokonaiseen huoneeseen. Tällä menetelmällä kuitenkin

on myös haittapuolensa. Aiemmin jo mainittiin järjestelmän hinta ja laitteiden epäkäytännöllisyys. Lisäksi tämä voi aiheuttaa suuria ongelmia vikatilanteessa. Jos koteloinnin sisään on asennettu laitteita, jotka eivät ole räjähdyssuojattuja ja vian ilmetessä laitteet pitäisi kytkeä pois päältä, niin tämä voi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi tehtaan toiminnassa. Yleisesti tämä menetelmä sopii tilaluokkiin 1 ja 2. Sitä sovelletaan usein erilaisiin kytkinlaitteisiin, ohjauspulpetteihin ja suuriin moottoreihin. /1/

7.2.3 Käytännön esimerkkejä

Kuvassa 20 on esitettyä ohjauspulpetti, joka on tyypillinen tämän menetelmän soveluskohteesta.



Kuva 20 Ohjauspulpetti on tyypillinen esimerkki suojatuuletteisestä rakenteesta /1/

7.3 Räjähdyssuojaurakenne 'e'

Tämä suojarakenne on suunniteltu siten, että siinä on korkeampi turvallisuustaso kuin tavallisissa sähkölaitteissa. Siitä sen nimityskin tulee: varmennettu rakenne. Tässä suojausrakenteessa pyritään estämään liian korkeiden lämpötilojen syntyminen sekä kipinöiden ja valokaarien esiintyminen. Siksi tässä menetelmässä ei sallita kytkinten käyttöä, mikä rajoittaa kipinöintiä. /1/

7.3.1 Rakenteelliset vaatimukset

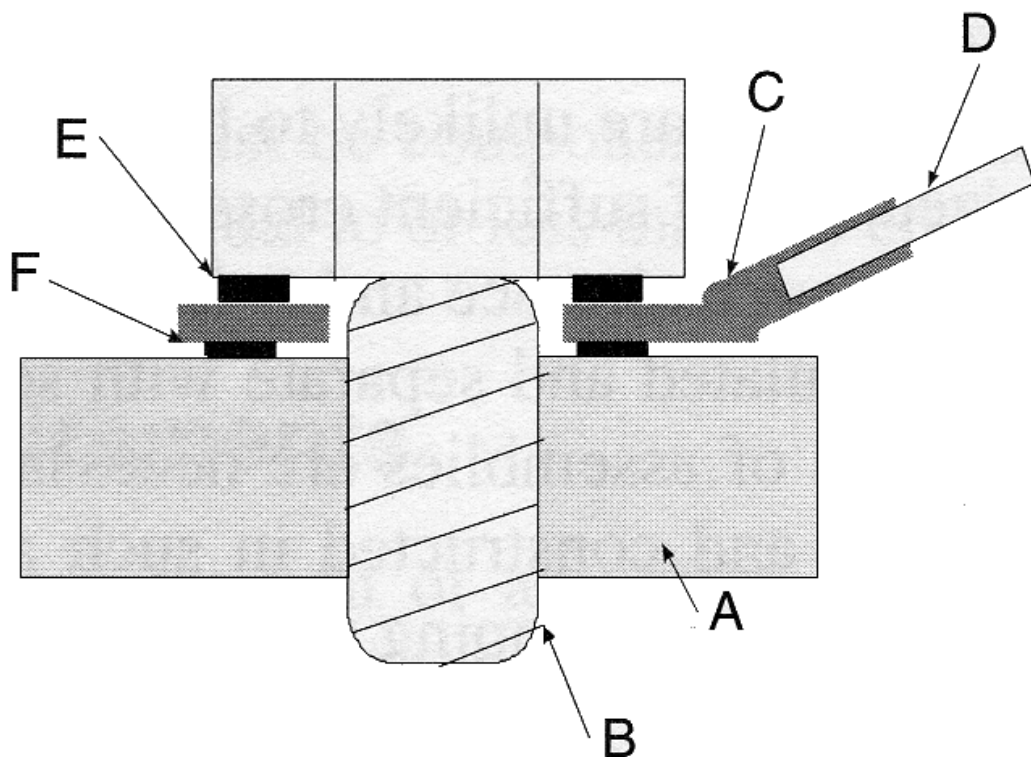
Varmennetun rakenteen koteloointi on suunniteltava sään- ja iskunkestäväksi. Kotelon tiiviiden minimivaatimus IP-luokituksen mukaan on IP54. Iskunkestävyyden kannalta kotelon tulee kestää pudotuskoe (7Nm). Kotelon tulee olla niin tiivis, että sen sisään ei pääse räjähdyskelpoista pölyä tai kaasua. Vaikka kotelon tulee läpäistä nämä testit, niin sitä ei kuitenkaan ole suunniteltu räjähdysten kestäväksi koteloinniksi. Tätä menetelmää ei siis esimerkiksi voi soveltaa räjähdysten kestävä koteloinnin läpiviennissä. Lisäksi asennuksen jälkeen koteloinnin tulee kestää epäsuotuisia olosuhteita, kuten altistumista erilaisille kemiallisille aineille. IP -luokituksia käsitellään standardissa EN 60529/A1. /1;4/

Teollisuuden käytössä on usein erilaisia vaihtovirtasähkömoottoreita. Myös nämä moottorit on suojattava siten, että ne eivät aiheuta räjähdysvaaraa. Varmennettua suojarakennetta sovelletaan usein juuri tähän tarkoitukseen. Moottoreiden minimi IP-luokitus on myös IP54, mutta moottoreille on asetettu myös muita vaatimuksia. Mikään moottorin osa ei saa missään vaiheessa ylittää suurinta sallittua lämpötilaa eikä moottorin t_E -aika ei saa olla pienempää kuin 5s. Moottorin t_E -ajalla tarkoitetaan aikaa, jossa moottorin käänitys lämpenee käynnistysvirralla I_A rajalämpötilaansa. Käynnistysvirta I_A on vaihtovirtamoottorin sähköverkosta ottama suurin virta-arvo. Lisäksi käynnistysvirtasuhte I_A/I_N ei saa olla yli 10. Käynnistysvirtasuhteella I_A/I_N tarkoitetaan käynnistysvirran I_A ja nimellisvirran I_N suhdetta. Nimellisvirta on laitteen käyttämä maksimi virta-arvo, joka on valmistajan ilmoittama. /1;4/

Tämän menetelmän liitännät tehdään siten, että ne eivät löystyisi tai aiheuttaisi ki-pinointia käytön aikana. Johtimien löystyminen ja vahingoittuminen voidaan estää tarinävaimentimen avulla sekä kunnollisilla kiinnityksillä. Virtaa johtavien osien tulee olla läpileikkaukseltaan riittävän suuria virrankestoisuutensa puolesta, jolloin niiden kosketusresistanssi pienenee ja siten saadaan hukatuksi lämpöä. Kotelon läpiviennit on toteutettava siten, että kotelon tiiviysluokitus ja iskunkestävyys säilyy. Kuvassa 21 on tiivistysholkki jonka avulla voidaan läpivienti toteuttaa siten, että koteloinnin tiiviysluokitus säilyy. Kuvassa 22 on esimerkki miten monisäikeisen johtimen liitäntä on toteutettu. /1/



Kuva 21 Tiivistysholkki jonka avulla voidaan toteuttaa IP luokituksen mukainen johtimen läpivienti /9/



Kuva 22 Monisäikeisen johtimen liitäntä /1/

Kuvassa 22 kirjaimilla merkityt osat ovat:

- A = laitteen johtava osa
- B = liitäntä ruuvi
- C = litteä johtoliitin
- D = johdin, liitettynä johtoliittimeen
- E = jousiprikka, joka estää löystymisen (tärinänvaimennin)
- F = tähtialuslevy

7.3.2 Käyttökohteet ja -olosuhteet

Alun perin tämä menetelmä kehiteltiin suuritehoisille laitteille. Nykyään varmennettua suojausrakennetta käytetään pääasiassa liitäntäkoteloidissa, vaihtovirtamoottoreissa ja erilaisissa valaisimissa. Tätä menetelmää sovelletaan, esimerkiksi loistelamppuväläisimiin. Lamppujen sytyttimet eivät sovellu sellaisenaan käytettäväksi tämän menetelmän kanssa, koska ne eivät ole ns. varmennettuja komponentteja. Sytyttimistä kuitenkin saadaan varmennettuja komponentteja valamalla sytyttimet massaan.

Varmennettua rakennetta käyttäen suojattu laite on luokiteltu liitteen 2 lämpötilataulukon mukaisesti. Koska koteloinnin tiiviyyden minimivaatimus on IP54, voidaan laitetta käyttää tilaluokissa 1 ja 2, joissa on räjähdysvaarallisia pölyjä, kaasuja tai sumuja. Laitetta kuitenkin ei voida käyttää tiloissa, joissa räjähdyskelpoisten aineiden syttymislämpötila on alempi kuin laitteen lämpötilaluokitus. Tämän suojarakennemenetelmän laitteet luokitellaan lämpötilaluokkiin samoin kuin räjähdyksen kestävässä rakennetta hyödyntävät laitteet. Tämä lämpötilataulukko perustuu EN 60079-14 standardin mukaiseen taulukkoon, joka on esitettyä liitteessä 2. /1;3/

7.3.3 Käytännön esimerkkejä

Kuvassa 23 on tyypillinen esimerkki liitäntäkotelosta, johon on sovellettu varmennettua rakennetta.



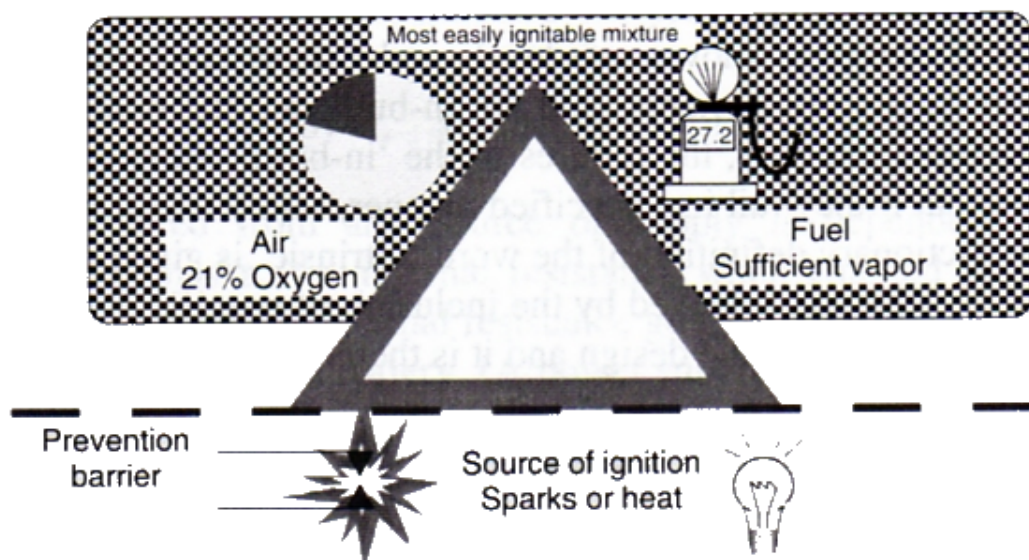
Kuva 23 Liitäntäkotelo on tyypillinen esimerkki, johon on sovellettu varmennettua rakennetta /9/

7.4 Räjähdyssuojausrakenne 'i'

Luonnostaan vaaraton rakenne on suojaustapa, joka perustuu laitteiden energian rajoittamiseen. Tämän suojaustavan kolme pääperiaatetta ovat seuraavat:

- erottaminen muista piireistä
- lämpötilaluokitus
- kipinöinti ei voi aiheuttaa syttymistä

Tässä menetelmässä kipinöinti ja lämpeneminen ovat siis sallittuja, mutta niiden määrää on rajoitettu kosketuksissa olevaan räjähdyskelpoiseen aineeseen nähden. Luonnostaan vaarattoman laitteen tulee olla turvallinen niin normaaliolosuhteissa kuin vikatilanteisakin. Kuva 24 selittää tämän suojausrakenteen tavoitteen. /1/



Kuva 24 Luonnostaan vaarattoman rakenteen tavoite /1/

7.4.1 Sähkötehon rajoittaminen

Sähkölaite, joka on suojattu luonnostaan vaarattomalla suojausmenetelmällä ja sen komponentit, jotka ovat kosketuksissa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen kanssa, eivät saa ylittää sellaista lämpötilaa, joka saattaisi aiheuttaa räjähdysen. Jotta voitaisiin hallita näitä lämpötiloja niin, siksi täytyy määrittää sähkölaitteen tai komponentin kuluttama maksimiteho. Maksimiteho määrittämisellä tarkoitetaan tehosovitusta. /1/

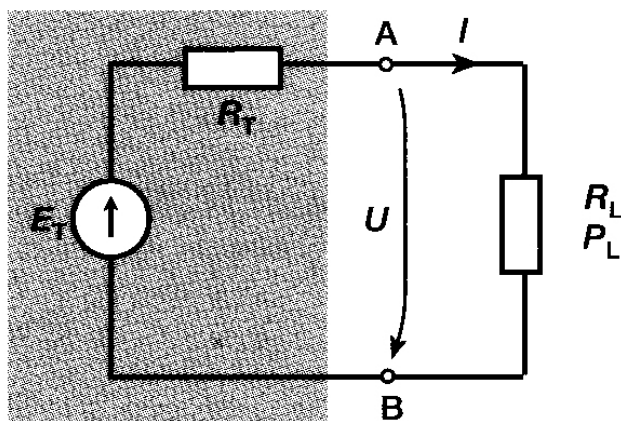
Tehosovitus

Sähkölaite kuluttaa sähköenergiaa teholla P , kun laitteen yli vaikuttaa jännite U ja sen läpi kulkee virta I . Sähkölaite voi myös olla yksittäinen komponentti, kuten esimerkiksi vastus. Kuvassa 25 on yksinkertainen kytkentä, jossa vastus R_L on jännitelähdettä E_T kuormittava vastus. Vastuksen R_L kuluttama teho muuttuu vastuksessa lämmöksi ja se on verrannollinen virran tai jännitteen neliöön. Kuvan 25 jännitelähde on esitettyinä Théveninin vastinpiirinä.

Vastuksen R_L kuluttama teho P_L voidaan kirjoittaa muodossa:

$$P_L = U \cdot I = R_L \cdot I^2 = \frac{U^2}{R_L}, \quad (1)$$

jossa U on jännite ja I on virta.



Kuva 25 Jännitelähde on esitettyinä Théveninin vastinpiirinä //

Kuvan 25 tapauksessa vastuksen R_L kuluttama teho, joka lämmittää vastusta riippuu jännitelähteestä E_T . Teholla, jota vastus R_L kuluttaa on maksimiarvonsa P_{LMAX} ja tätä suurempaa tehoa jännitelähde ei voi syöttää. Vastuksen R_L kuluttama maksimiteho P_{LMAX} saadaan selville asettamalla vastus R_L yhtä suureksi kuin, jännitelähteen sisäinen resistanssi R_T ($R_L = R_T$). Jännitelähteen sisäinen resistanssi R_T voidaan määrittää, kun jännitelähdettä kuormitetaan kahdella erisuuruuisella kuormalla ja mittaamalla näiden kuormien virta ja jännite. Jakamalla mitattujen jännitteiden erotus mitattujen virtojen erotuksella saadaan selville jännitelähteen sisäinen resistanssi.

Jos sähkölaitteen kuluttamaa tehoa rajoitetaan 1,3 W:iin ja sitä ympäröivä lämpötila on ≤ 40 °C, niin sen lämpötila käytössä jää alle 135 °C. Tällöin sähkölaite voidaan luokitella lämpötilaluokkaan T₄. Oletetaan, että kuvan 25 tilanteessa sisäisen resistanssin arvo olisi 300 Ω sekä napojen A-B jännite U olisi 28 V ja piirin virta I olisi 0,093 A.

Näiden arvojen mukaan voitaisiin laskea vastuksen R_L kuluttama maksimiteho P_{LMAX} seuraavasti:

$$P_{LMAX} = \frac{E_T^2}{4 \cdot R_T} = \frac{28^2 \text{ V}^2}{4 \cdot 300 \text{ } \Omega} = 0,65333 \text{ W} \quad (2)$$

Koska kaavan 2 tulos jää alle 1,3 W, niin voidaan vastukselle R_L antaa lämpötilaluokitus T₄. Lämpötilan nousua käsitellään tarkemmin kohdassa 7.4.3. /1;7/

Lämpötilan määrittäminen

Komponenttien lämmönousu voidaan laskea niiden valmistajien ilmoittamien tietojen perusteella.

Komponentin arvioitu lämpötila T_A voidaan laskea seuraavasti:

$$T_A = T_Y + (R_{TH} P_L) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

jossa T_Y on komponenttia ympäröivä lämpötila (normaalisti 40 °C), R_{TH} on valmistajan komponentin lämpöresistanssi (°C/W) ja P_L on komponentin kuluttama teho. /2/

Lämpötilaluokan T₄ varmistaminen voidaan myös tehdä liitteessä 2 esitetyn taulukon mukaisesti.

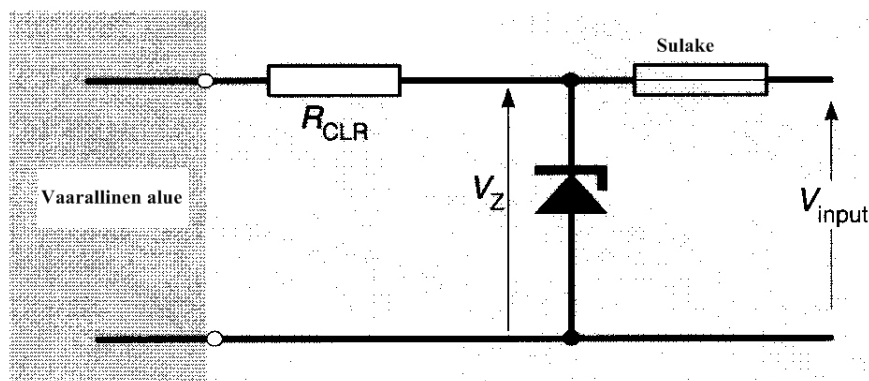
7.4.2 Sähköenergian rajoittaminen

Jos ajatellaan tilanne, missä kuvan 25, vastuksen R_L arvo vaihtelisi välillä $0 \leq R_L \leq \infty$. Kun vastus R_L = 0, niin navat A-B ovat oikosulussa ja jännite U = 0 V. Kun taas vastus R_L = ∞, niin navat A-B ovat avoinna ja virta I = 0. Kaavan 1 mukaan kummassakin tapauksessa teho on nolla (P_L = 0). Tällaista muutostilannetta voidaan verrata kytkimen

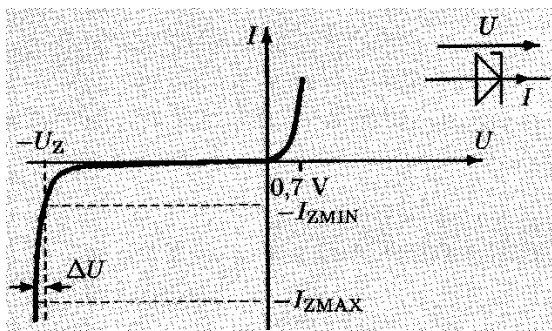
avaamiseen. Kytkimen avaaminen tunnetusti aiheuttaa kipinöintiä, joka voi aiheuttaa tietyssä tilanteessa räjähdysten. Kipinän koko, joka voi aiheuttaa räjähdysten, täytyy määrittellä empiirisesti. Koska kipinöinti on jännitteen ja virran funktio, niin räjähdysten aiheuttavaa kipinöintiä voidaan kontrolloida vähentämällä virtapiirin jännitettä tai virtaa. /1/

Shunttidiodi

Kuvassa 26 on virtapiiri, jonka energiaa rajoitetaan Zener-diodin ja vastuksen avulla. Kytkennässä Zener-diodi toimii estosuunnassa. Kun Zener-diodi toimii estosuunnassa, niin se ei johda virtaa, jos estosuuntainen jännite U_Z pysyy riittävän alhaisena. Zener-diodi rajoittaa piirin jännitettä kuvan 27 mukaisella tavalla. Kun diodin estosuuntainen jännite U_Z kasvaa riittävän suureksi, niin diodissa tapahtuu läpilyönti. Läpilyöntitilanteessa diodin läpi kulkeva läpilyöntivirta kasvaa jyrkästi ja voi tuhota diodin. Kuvassa 26 Zener-diodin vahingoittuminen on estetty sulakkeella.

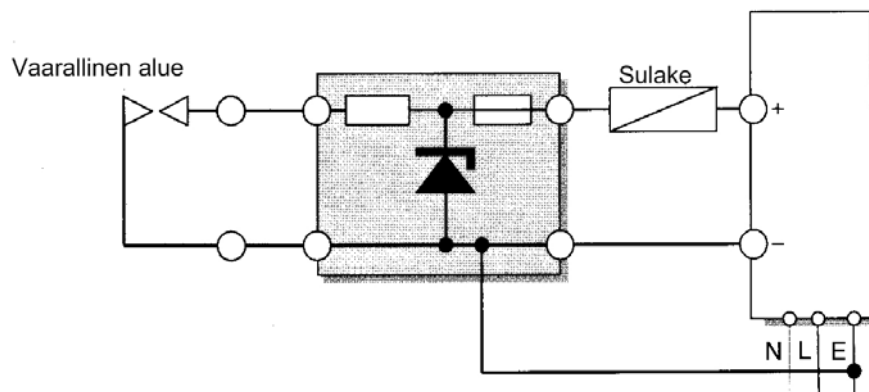


Kuva 26 Shunttidiodi järjestely /3/



Kuva 27 Zener-diodin ominaiskäyrä /6/

Kuvan 26 mukainen järjestely voidaan myös toteuttaa itsenäisenä piirinä, jollainen voidaan helposti asettaa turvallisen alueen ja vaarallisen alueen väliin. Tällainen tilanne on esitetty kuvassa 28. /1;6/



Kuva 28 Itsenäisenä piirinä toimiva shunttiodijärjestelmä /1/

Virtaa rajoittava vastus

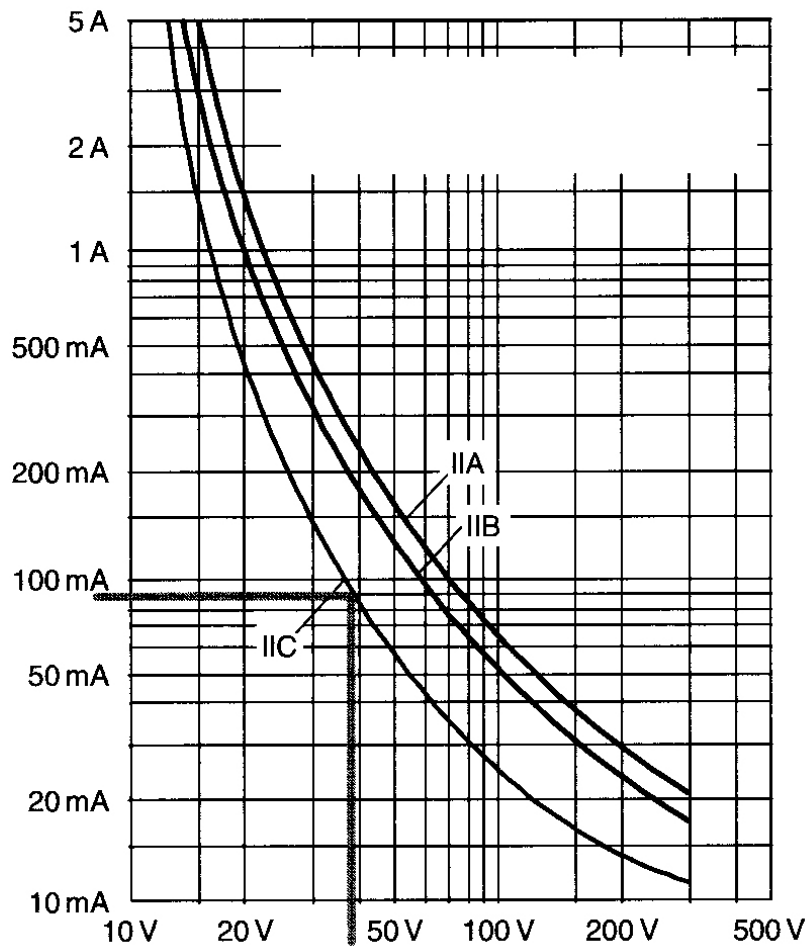
Kuvan 26 tapauksessa kuormaan menevää virtaa voidaan yksinkertaisesti rajoittaa vastuksella R_{CLR} . Tämän vastuksen tulee olla lankavastus tai kalvopäällysteinen vastus. Näillä vastuksilla on hyvä tehokerto, joten ne soveltuvat hyvin rajoittamaan virtaa, koska niiden resistiivisyys ei muutu lämpötilan kasvaessa. /1/

Kuvassa 29 on käyrästä, jonka avulla voidaan määrittää suurin sallittu virta ja jännite räjähdysryhmien mukaan. Kuvassa on IIC-käyrältä saatu arvot virralle ja jännitteelle, joiden perusteella voidaan laskea virtaa rajoittavan vastuksen R_{CLR} -arvo. Käyrästä virran arvoksi saadaan 0,093 A ja jännitteen arvoksi 28 V. /1/

Ohmin lain mukaan R_{CLR} -arvoksi saadaan:

$$R_{CLR} = \frac{U}{I} = \frac{28 \text{ V}}{0,093 \text{ A}} = 300 \Omega \quad (4)$$

jossa U on jännite ja I on virta.



Kuva 29 Käyrästä, jonka avulla voidaan määrittää suurin sallittu virta ja jännite, räjähdysryhmien mukaan /1/

Varastoituva energia

Virtapiireissä yleensä esiintyy vastusten lisäksi myös keloja ja kondensaattoreita. Kela ja kondensaattori ovat passiivisia komponentteja, jotka varastoivat energiaa. Kelan energia varastoituu magneettikenttään ja kondensaattorin energia varastoituu sähkökenttään. Näihin komponentteihin varastoituva energia voidaan myös laskea.

Kelaan L varastoituva energia W voidaan laskea seuraavasti:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \quad (5)$$

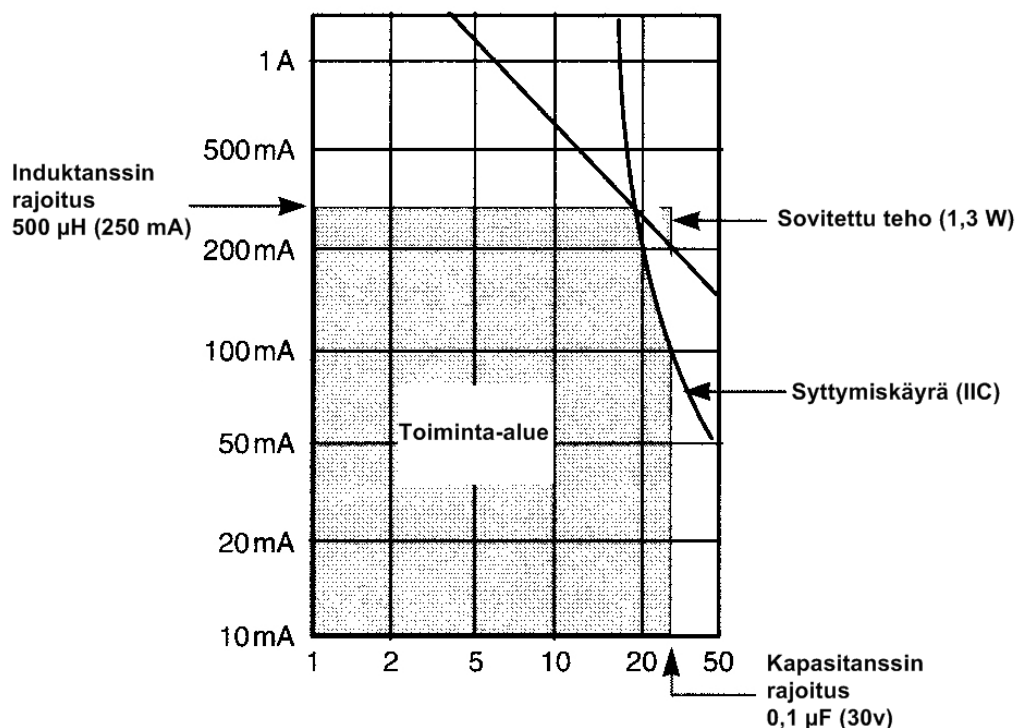
missä L on kelan induktanssi ja I on virta.

Kondensaattoriin C varastoituva energia W voidaan laskea seuraavasti:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad (6)$$

missä C on kondensaattorin kapasitanssi ja U on jännite.

Näihin komponentteihin varastoitunut energia täytyy purkaa hallitusti, jotta ei synny kipinöintiä. Tyypillisesti näiden komponenttien arvot ovat rajoitettuja. Kelan suurin sallittu arvo on 500 μH ja kondensaattorin 0,1 μF . Kelan ja kondensaattorin toiminta-alueet voidaan määrittää kuvan 30 mukaisella käyrästöllä sekä soveltamalla kaavaa 2. /1/



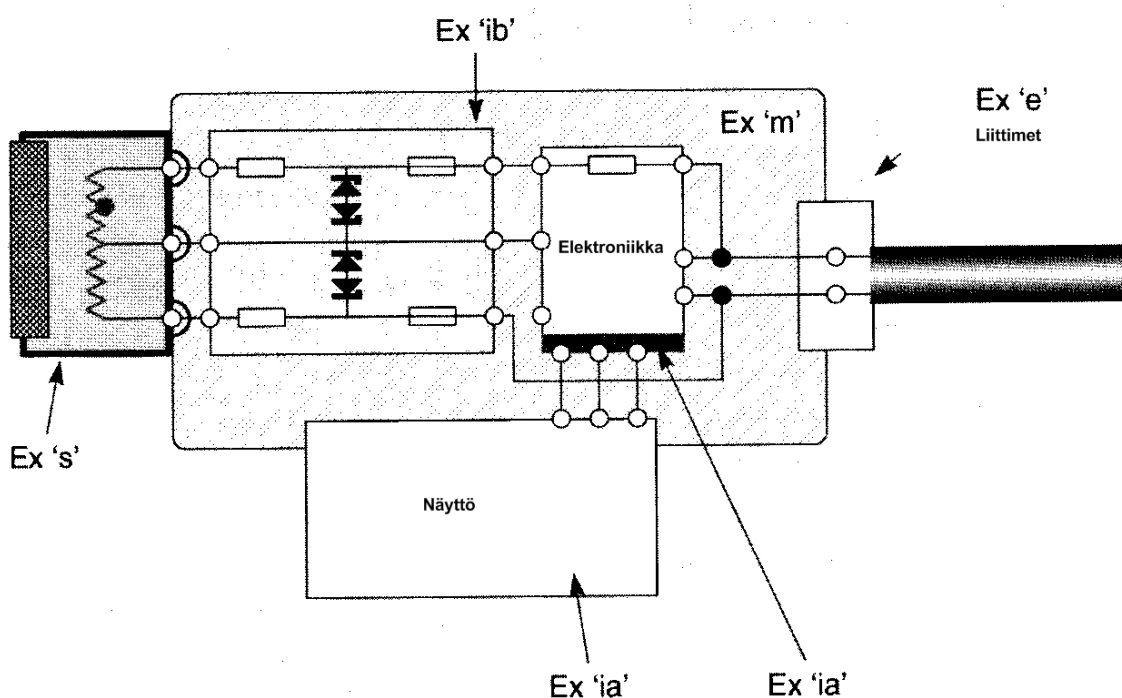
Kuva 30 Kelan ja kondensaattorin toiminta-alueiden määrittäminen /1/

7.4.3 Laitteen suunnittelu

Luonnostaan vaaratonta suojarakennetta hyödyntävän laitteen suunnittelu on yksilöllistä, koska se riippuu laitteen toiminnoista ja sen spesifikaatioista. Laitteen virtapiirit voivat olla toiminnaltaan joko hyvin yksinkertaisia tai hyvin monimutkaisia ja kehittyneitä. Suunnittelijan täytyy varmistaa, että virtapiirin virrat, jännitteet ja varastoituneet energiat on asianmukaisesti hallittu ja rajoitettu. Edellä esitellyt suojaustekniikat ovat vain esimerkkejä useista käytössä olevista tekniikoista. Erilaiset tekniikat ovat usein laitevalmistajan yrityssalaisuuksia. /1/

8 SUOJARAKENTEIDEN SOVELTAMINEN

Kaikkia suojausmenetelmiä ei voida käyttää kaikissa tilanteissa. Siksi on nykyään yleistä, että sovelletaan montaa eri suojausmenetelmää yhdessä laitteessa. Kuvassa 31 on kaasuilmaisim, johon on sovellettu monta eri suojausmenetelmää. Kuvan suunnittelussa on saatu aikaiseksi laite, joka on helppo rakentaa ja huoltaa. Lisäksi laitteen toiminta on voitu toteuttaa joustavasti. Tällainen kaasuilmaisim usein asennetaan tilaluokkiin 1 ja 2. /1/



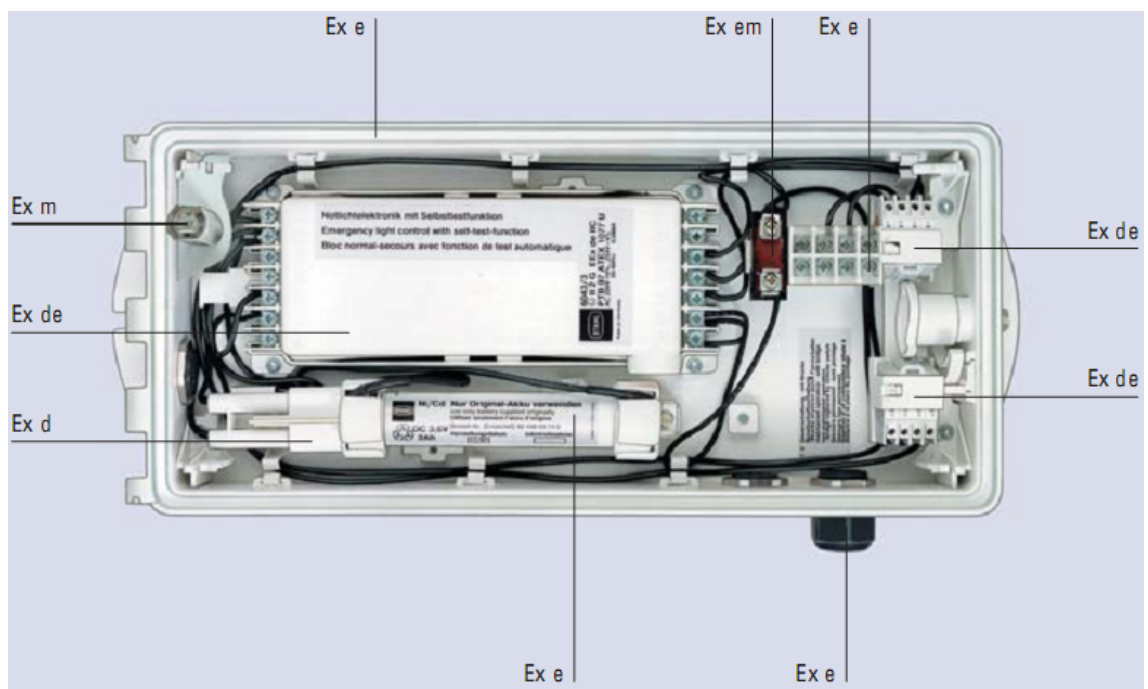
Kuva 31 Kaasuilmaisim, johon on sovellettu monta eri suojausmenetelmää /1/

Kuvassa 31 olevan kaasuilmaisimen anturi on suojattu erikoissuojarakenteella, jossa platinakäämi on koteloitu pieneen koteloon. Kotelon toinen pää on suljettu ja toinen on päällystetty sintratulla metallisella levyllä. Tämä levy päästää kaasun kotelon sisään, jossa kaasu palaa ja liekit jäävät koteloon. Koska tämä rakenne ei hyödynnä mitään aikaisemmin esiteltyä suojausmenetelmää ja laite ei aiheuta vaaraa räjähdysvaarallisessa ympäristössä, niin silloin suojarakenne määritellään erikoisrakenteeksi. /1/

Elektroniikka, joka on liitetty näyttöön, on suojattu massaan valetulla rakenteella. Näyttö voidaan asentaa laitteeseen kiinteästi kiinni tai asentaa se muualle kauemmaksi anturista. Itse näyttö on suojattu luonnostaan vaarattomalla rakenteella, jossa saa ilmetä kaksi mielivaltaista vikaa (Exia). Laitteen käyttöjänniteliitännät on toteutettu varmennettua

rakennetta hyödyntäen. Anturin ja muun elektroniikan välissä on shunttiodijärjestelmä. /1/

Kuvassa 32 on loistelamppu, johon on sovellettu useampaa suojausrakennemenetelmää. Lampun syyttimet on suojattu massaan valetulla rakenteella. Lampun kotelointi noudattaa varmennettua rakennetta, mikä tarkoittaa että laite on IP-luokituksen mukainen. Liitännät ja läpiviennit on toteutettu käyttäen varmennettua rakennetta ja räjähdyspaineen kestävässä rakennetta yhdessä. Lähes kaikki nykypäivän loistelamput hyödyntävät useampaa kuin yhtä suojausrakennetta.



Kuva 32 Loistelamppu, johon on sovellettu useaa suojausrakennemenetelmää /12/

9 LOPPUTULOKSET

Taulukossa 5 on esitetty kaikki räjähdysuojusrakenteet ja niiden standardit sekä suojausrakenteiden käyttökohteet ja saavutettavat laiteluokat. Siihen ei ole listattu erikoisrakennetta (Exs), koska rakenne tulee kysymykseen vain silloin, kun mitään standardisoitua suojausrakennetta ei voida jostain syystä käyttää.

Taulukko 5 Räjähdyssuojusrakenteet ja niiden standardit sekä suojausrakenteiden käyttökohteet ja saavutettavat laiteluokat

Standardin tunnus	Suojausrakenteen tunnus	Suojausrakenteen nimitys	Saavutettava laiteluokka	Käyttökohteet
EN 50014 IEC 60079:0	—	Yleiset vaatimukset	—	—
EN 50015 IEC 60079:6	Exo	Öljytäytteinen rakenne	2	muuntajat, käynnistysvastukset
EN 50016 IEC 60079:2	Exp	Paineistettu rakenne	2	moottorit, ohjauspulpetit, keskuksset jne.
EN 50017 IEC 60079:5	Exq	Hiekkatäytteinen rakenne	2	muuntajat, kondensaattorit, loistelamppujen sytyttimet
EN 50018 IEC 60079:1	Exd	Räjähdyspaineen kestävä kotelointi	2 ja M2	katkaisijat, lämmityslaitteet, valaisimet jne.
EN 50019 IEC 60079:7	Exe	Varmennettu rakenne	2 ja M2	kytkentärasiat, oikosulkumoottorit, valaisimet jne.
EN 50020 IEC 60079:11	Exi	Luonnostaan vaaraton rakenne	1, 2 ja M1, M2	mittauslaitteet, merkinantolaitteet
EN 50028 IEC 60079:18	Exm	Massaan valettu rakenne	2	pienehköt laitteet ja komponentit
EN 50028 IEC 60079:18	Exn	Kipinöintiä estävä rakenne	3	tilaluokan 2 laitteet

10 YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteita ja niiden toimintaa sekä niihin liittyviä määräyksiä. Näillä määräyksillä on olennainen osa Ex-laitteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Niiden avulla voidaan tehdä laite- ja tilaluokitukset. Lisäksi niitä käyttäen voidaan toteuttaa laite, jota voidaan käyttää ja markkinoida kansainvälisesti.

Nämä määräykset mahdollistavat myös todistetusti turvallisten räjähdysuojaurakenteiden käytön. Näitä määräyksiä täsmennetään tietyin aikaväleihin ja räjähdysuojaurakenteiden toimivuutta testataan kontrolloiduissa ympäristöissä. Määräysten jatkuva kehittäminen siis lisää Ex-laitteiden turvallisuutta entisestään.

Räjähdysuojaurakenteita ei voida asettaa paremmuusjärjestykseen, koska niiden toimivuus riippuu aina niiden käyttöympäristöstä. Suunnittelijan on siis mietittävä tarkkaan, mitä suojausrakennetta hän voi käyttää missäkin tilanteessa. Jokaisella suojausrakenteella on omat hyötynsä ja haittansa.

Standardeissa esitetty virkakieli asetti haasteita tavoitteelle tehdä helppolukuinen ja selkeä itseopiskelumateriaali. Tämä työ antaa perustiedot räjähdysvaarallisista tiloista ja niissä käytetyistä sähkölaitteista.

LÄHTEET

Painetut lähteet

1. Geoffrey Bottrill, Derek Cheney, G. Vijayaraghavan. Practical Electrical Equipment and Installations in Hazardous Areas. Elsevier, 2005.
2. Kämäräinen, Pekka. Koneenrakentajaa koskevat tekniset EU-määräykset. Metalliteollisuuden keskusliitto, MET, 2002.
3. SESKO. SFS-KÄSIKIRJA 140, Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennukset. Suomen standardoimisliitto ry, 2004.
4. SESKO. SFS-KÄSIKIRJA 161-1, Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet ja suojausjärjestelmät osa 1. s.l. : Suomen standardoimisliitto ry, 2004.
5. SESKO. SFS-KÄSIKIRJA 161-2, Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet ja suojausjärjestelmät osa 2. Suomen standardoimisliitto ry, 2006.
6. Kimmo Silvonen, Matti Tiilikainen, Kari Helenius. Analogia-elektroniikka. 2004.
7. Pertti Tarkka, Kari Määttänen, Lauri Hietalahti. Piirianalyysi 1. 2003.

Sähköiset lähteet

8. CMP Products. [Online] [Viitattu: 19. 4 2009.] <http://www.cmp-products.com/files/picture.asp?fileid=401>
9. Direct Industry.com. [Online] [Viitattu: 5. 4 2009.] www.directindustry.com.
10. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/9/EY. [Online] [Viitattu: 2. 3 2009.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31994L0009:FI:HTML>.
11. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 1999/92/EY. [Online] [Viitattu: 2. 3 2009.] <http://ec.europa.eu/enterprise/atex/dir92-fi.pdf>.
12. R. STAHL Technology Group. [Online] [Viitattu: 15. 4 2009.] http://www.r-stahl.com/fileadmin/Dateien/explosionsschutz/pdf/grundlagen_en.pdf.
13. SESKO. [Online] [Viitattu: 27. 3 2009.] <http://www.sesko.fi/>.
14. Sääto Oy. [Online] [Viitattu: 12. 3 2009.] http://www.saato.fi/index.php?group=00000196&mag_nr=4.

15. Tukes Opas. [Online] [Viitattu: 1. 3 2009.]
http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/atex_rajahdeopas.pdf.
16. Prosessiautomaation turvallisuus. [Online] [Viitattu: 5. 4 2009.]
<http://turva.me.tut.fi/opetus/kurssit/TUR-3100/MalmenC.pdf>.

LIITTEET

- Liite 1: Esimerkkejä räjähdysvaarallisista tiloista
- Liite 2: Lämpötilaluokkien, pintalämpötilojen ja syttymislämpötilojen välinen yhteys ja lämpötilaluokan T₄ varmistaminen taulukon avulla

Esimerkkejä räjähdysvaarallisista tiloista

Taulukko 1.1 /6/

Ala	Esimerkki räjähdysvaarasta
Kemianteollisuus	Kemianteollisuudessa käytetään ja valmistetaan monenlaisissa prosesseissa palavia kaasuja, nesteitä ja kiinteitä aineita. Näiden prosessien yhteydessä voi syntyä räjähdysvaarallisia seoksia.
Energian tuotanto	Palamaisesta, räjähdysvaarattomasta hiilestä voi syntyä ilmaan sekoittuneena, murskauksen ja kuivauksen aikana hiilipölyjä, joista voi muodostua räjähdyskelpoisia pölyn ja ilman seoksia.
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.
Mekaaninen puuteollisuus	Puisia kappaleita työstettäessä syntyy puupölyjä. Ne voivat muodostaa esim. suodattimissa tai siiloissa räjähdyskelpoisia pölyn ja ilman seoksia.
Maalaamot	Kun maalausammioissa maalataan pintoja ruiskumaalauspistoolilla, syntyy hukkasuihkua ja vapautuu liuotinhöyryjä, jotka voivat ilmaan sekoittuessaan muodostaa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia.
Metallin työstö	Valettujen metalliosien pinnan viimeistelyn (hionnan) yhteydessä voi syntyä räjähdyskelpoisia metallipölyjä. Tämä riski liittyy erityisesti kevytmetalleihin. Niistä irtoavat metallipölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran.
Elintarvike- ja rehuteollisuus	Viljojen, sokerin tms. kuljetuksen ja varastoinnin yhteydessä voi syntyä räjähdyskelpoisia pölyjä. Jos ne poistetaan imurilla ja suodataan, suodattimiin voi syntyä räjähdyskelpoinen ilmaseos.
Lääketeollisuus	Lääkkeiden tuotannossa käytetään usein liuottimina alkoholeja. Siinä voidaan myös käyttää pölyräjähdyskelpoisia vaikuttavia aineita ja lisäaineita, kuten maitosokeria.
Öljynjalostamot	Jalostamoissa käsiteltävät hiilivedyt ovat kaikki palavia aineita. Leimahduspisteestään riippuen ne saattavat jo ympäristön lämpötilaa vastaavissa olosuhteissa muodostaa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Raakaöljyn jalostuslaitteistojen ympäristöä pidetään useimmiten räjähdysvaarallisena tilana.

Lämpötilaluokkien, pintalämpötilojen ja syttymislämpötilojen välinen yhteys

Taulukko 2.1 /2/

Sähkölaitteen lämpötilaluokka	Sähkölaitteen pintalämpötila	Kaasun tai höyryn syttymislämpötila
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	80 °C	> 80 °C

Lämpötilaluokan T₄ varmistaminen taulukon 2.2 avulla

Taulukko 2.2 /2/

Kokonaispinta-ala ilman kytkentä johtimia	Lämpötilaluokan T ₄ vaatimukset ympäröivä lämpötila = 40 °C
< 20 mm ²	Pintalämpötila ≤ 275 °C
≥ 20 mm ² ≤ 10 cm ²	Pintalämpötila ≤ 200 °C
≥ 20 mm ²	Teho enintään 1,3W*

* 1,2 W jos ympäröivä lämpötila = 60 °C ja 1,0 W jos ympäröivä lämpötila = 80 °C