

Jani Lehtinen

# Vanhempien biokaasupumppaamoiden laitteiston ATEX-päivitykset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

3.6.2016

<p>Tekijä(t) Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Jani Lehtinen Vanhempien biokaasupumppamoiden laitteiston ATEX-päivitykset</p> <p>45 sivua + 2 liitettä 3.6.2016</p>
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Automaatioinsinööri, DI Jussi Pakarinen, Sarlin Oy Lehtori Kai Virta, Metropolia Ammattikorkeakoulu
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli biokaasupumppamoiden räjähdysvaarallisissa tiloissa toimiva ATEX-laitteisto. Biokaasupumppaamoissa osa tiloista on luokiteltu räjähdysvaaralliseksi tiloiksi. Näissä tiloissa syttyvän aineseksen muodostavat ilma ja metaani. Työssä tutkittiin kahta vanhempaa biokaasupumppaamoja, jotka on rakennettu ennen ATEX-direktiivien voimaan tulemistä. Työn tarkoitus oli tehdä pumppaamoille kartoitus, mitä päivityksiä tarvitaan, jotta laitteisto täyttäisi nykypäivän räjähdysturvallisten tilojen vaatimukset.</p> <p>Biokaasupumppaamoita toimii eri tarkoituksissa ja kohteissa. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kaatopaikoilla toimiviin pumppaamoihin. Kaatopaikoilla muodostuvaa biokaasua kerätään talteen ja hyödynnetään energiantuotannossa. Kahdelle vanhemmalle biokaasulaitokselle tehtiin tutkimus olemassa olevasta laitteistosta ja niitä verrattiin nykyajan ATEX-direktiivien vaatimuksiin.</p> <p>Tutkimuksen avulla saatiin selville pumppaamoilla käytössä olevan laitteiston taso ja mitä päivityksiä laitteistoon tarvitaan. Miltei kaikki laitteet olivat jo valmiiksi ATEX-hyväksytyjä ja päivitykset jäivät näin ollen vähäisiksi.</p> <p>Insinööriyön päättymisen jälkeen biokaasupumppamoiden laitteet, jotka eivät täytä ATEX-vaatimuksia, on tarkoitus uusida. Insinööriyö on tarkoitus implementoida muille vastaaville laitoksille ja saattaa muut laitokset vastaamaan ATEX-lainsäädäntöä.</p>	
Avainsanat	ATEX, ATEX-direktiivit, räjähdysvaaralliset tilat, ATEX-laite, Ex-tila, Ex-laite

Author(s) Title	Jani Lehtinen Older Biogas Pumping Plants Hardware Upgrades.
Number of Pages Date	45 pages + 2 appendices 3 June 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jussi Pakarinen, Automation Engineer, M.Sc.Eng. Kai Virta, Senior Lecturer
<p>The subject of this Bachelor's thesis was ATEX hardware configuration that runs in explosive atmospheres at biogas plants. Part of the spaces that is used in biogas plants is classified as explosive atmospheres. Under these conditions, methane and oxygen are main substances that form a flammable mixture. The study was made for two of the older biogas plants, that had been built before ATEX directives came into effect. The purpose of the project was to examine what upgrades need to be made in order to meet requirements of explosive atmospheres.</p> <p>Biogas plants work for various purposes and in various locations. This study concentrated on plants that are operated in landfill sites. Biogas formed in landfill sites is collected and used in energy production. An inspection was made of the hardware of two of the older biogas plants and they were compared to new ATEX regulations.</p> <p>Based on the study, the quality of the hardware was determined the required upgrades. The results showed that almost all of the equipment used in biogas plants is already ATEX-certified, therefore upgrades that are needed are going to be minor.</p> <p>It was concluded that, devices that did not meet the ATEX requirements are going to be upgraded. This study can be implemented at other biogas plants, to meet the requirements of ATEX directives.</p>	
Keywords	ATEX, ATEX directive, explosive atmospheres, ATEX device, Ex

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	4
2	Biokaasu	5
2.1	Biokaasun ympäristövaikutukset	5
2.2	Biokaasun ominaisuudet	6
2.3	Biokaasun hyödyntämisen historia	7
2.4	Biokaasun tuotanto Suomessa	8
2.4.1	Reaktorilaitokset	9
2.4.2	Kaatopaikkalaitokset	9
3	Lainsäädäntö	10
3.1	ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY	11
3.2	ATEX-olosuhdedirektiivi 1999/92/EY	12
3.3	ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU	13
4	Räjähdystvaaralliset tilat	13
5	Räjähdyssuojausasiakirja	15
6	Ex-laitteet ja niiden merkinnät	16
6.1	CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen tunnusnumero	17
6.2	Räjähdyssuojaustunnus	18
6.3	Laiteryhmä, laiteluokka ja palava aine	18
6.4	Ex-rakenne	19
6.5	Räjähdyssryhmä	19
6.6	Lämpötilaluokat	20
6.7	Lisämerkinnät	21
7	Exi-piirit	22
8	Biokaasupumppaamo	24
9	Tutkittavat pumppaamot ja niiden ATEX-laitteet	25

## Liitteet

Liite 1. Flextop 2211-0002 lämpötilalähteen ATEX-sertifikaatti

Liite 2. Räjähdyssuojarakenteet ja -tasot

## Lyhenteet ja käsitteet

ATEX	Atmosphères explosibles, räjähtävät olosuhteet
Ex	Explosive, räjähtävä
Ex-laite	Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävä laite tai suojausjärjestelmä
Ex-tila	Räjähdysvaarallinen tila
Exi-piiri	”Luonnostaan” vaarattomat piirit, jotka sisältävät Exi-laitteen, liitännäislaitteen ja kaapelin.
Exi-laite	Laiterakenteella ia, ib tai ic oleva laite

## 1 Johdanto

Biokaasu on kaasuseos, jota syntyy anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa, kun erilaiset mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Biokaasusta noin puolet on metaania, kolmasosa hiilidioksidia, hieman happea sekä vaihteleva määrä rikkiyhdisteitä ja muita epäpuhtauksia. Suomessa kaatopaikoille viedään vuosittain yli 1 milj. tonnia yhdyskuntajätettä ja moninkertainen määrä teollisuusjätettä. Biokaasua syntyy suomalaisilla kaatopaikoilla arvioiden mukaan 200 milj. m<sup>3</sup>, josta vuoden 2014 aikana kerättiin kaikkiaan 40 kaatopaikalta n. 94 miljoonaa kuutiota. [1.]

Biokaasu on ilmaan vapautuessaan ongelma, joka aiheuttaa hajuhaittoja, tulipalovauran sekä kiihdyttää kasvihuoneilmiötä. Talteen otettuna biokaasu on kuitenkin käyttökelpoinen energianlähde. Biokaasusta suurin osa on metaania, joka on n. 20 - 70 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu, kuin hiilidioksidi.

Biokaasulaitoksissa metaani kerätään talteen ja hyödynnetään sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä siitä voidaan jalostaa ajoneuvojen ja työkoneiden polttoainetta. Joissain tapauksissa biokaasu poltetaan soih tupolttimessa, jolloin ympäristölle haitallista metaania ei pääse ilmakehään vaan se palaa puhtaasti ja miltei päästöttömästi.

Suomessa biokaasua on pumpattu vuodesta 1990 lähtien ja Sarlin Oy aloitti biokaasupumppaamoiden valmistuksen vuonna 1993. Vuonna 2002 tuli voimaan uusi jätelaki ja valtioneuvoston päätös (861/1997), jossa biokaasun keräys kaatopaikoilta tuli pakolliseksi. Sarlin Oy on valmistanut ensimmäisenä suomalaisena yrityksenä miltei kaikki Suomen kaatopaikoilla toimivat biokaasulaitokset.

Biokaasulaitoksilla olevista tiloista osa on luokiteltu räjähdysvaarallisiksi tiloiksi. Räjähdysvaarallisissa tiloissa olevia laitteita koskee vuonna 2003 voimaan tullut ATEX-lainsäädäntö. ATEX-lainsäädännön pääasiallinen tarkoitus on suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä ihmisiä. Vanhempien biokaasulaitosten valmistumisen aikaan räjähdysvaarallisten tilojen lainsäädäntö poikkesi nykyisestä. Turvallinen työskentely biokaasulaitoksilla on erityisen tärkeää ja työn aihe valittiin, koska on ajankohtaista selvittää vanhempien laitteiston tasoa. Opinnäytetyön tavoite oli tehdä kartoitus kahden vanhemman biokaasupumppaamon laitteiston sopivuudesta nykyiseen lainsäädäntöön.

## 2 Biokaasu

Biokaasu on metaanin ja hiilidioksidin muodostama kaasuseos, jota muodostuu erilaisien mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta anaerobisissa olosuhteissa eli olosuhteissa, jossa ei ole lainkaan happea. Lopputuotteena syntyy biokaasua joka on kohteesta riippuen koostumukseltaan 30 - 70 % metaania, 30 - 60 % hiilidioksidia, hieman happea ja vaihtelevia pitoisuuksia muita yhdisteitä, kuten esimerkiksi rikkivetyä (H<sub>2</sub>S). Biokaasu on uusiutuva biopolttoaine ja merkittävä energianlähde. Biokaasun hyödyntämiseen on nykyisin monia eri keinoja. Siitä voidaan jalostaa esimerkiksi ajoneuvojen polttoainetta, mutta yleisimmin sitä hyödynnetään lämmön- ja energiantuotannossa. Biokaasua muodostuu luontaisesti pieniä määriä muun muassa kosteikoissa, vesistöjen pohjakerroksessa, eläinten suolistoissa sekä soissa, minkä vuoksi biokaasua kutsutaankin joissain yhteyksissä suokaasuksi. Biokaasua voidaan myös tuottaa keinotekoisesti sulkemalla eloperäisiä aineksia ilmatiiviisiin säiliöihin, joita kutsutaan biokaasureaktoreiksi. Näissä reaktoreissa voidaan hallita biokaasun muodostumiseen tarvittavaa prosessia ja tuottaa biokaasua hyötykäyttöön. Muita hyviä kohteita biokaasun tuotantoon on muun muassa kaatopaikoilla, jätteenvedenpuhdistamoilla ja isoilla eläinmaatiloilla, joista se voidaan kerätä talteen ja käyttää hyödyksi. [1; 2.]

### 2.1 Biokaasun ympäristövaikutukset

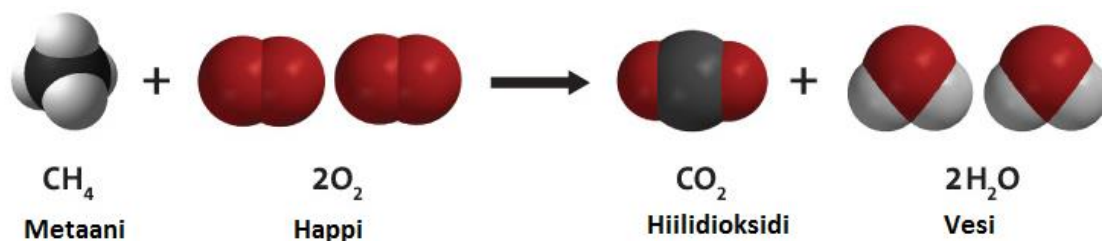
Kaksi haitallisinta maapallolla vaikuttavaa kasvihuonekaasua on metaani ja hiilidioksidi. Metaani on lähteestä riippuen noin 20 - 70 kertaa hiilidioksidia haitallisempaa, mikä tekee siitä erittäin merkittävän tekijän ilmastonmuutoksessa. Vaikkakin metaanipäästöt ovat määrältään pienempiä kuin hiilidioksidipäästöt, niin metaanin kyky sitoa lämpöä ilmakehään on suurempi. Biokaasun hyötykäyttöä voidaankin pitää erittäin ympäristöystävällisenä energiamuotona. Metaanin päästöistä maailmanlaajuisesti 70 % voidaan pitää ihmisen aikaansaamana. Taulukossa 1 on kuvattuna Suomen metaanipäästöt vuonna 2014. [3.]

**Taulukko 1. Ihmisten aiheuttamat metaanipäästöt Suomessa vuonna 2014. [4.]**

Päästöjen lähde	Osuus %
Energiasektori	8
Maatalous	50
Jätteiden käsittely	41



Jos biokaasua ei pystytä hyödyntämään tai biokaasun tuotanto on kohteessa vähäistä, voidaan kaasu polttaa pois niin kutsutuissa soih tupolttimissa. Kun kaasu poltetaan hallitusti, sillä estetään hajuhaittoja, ympäristölle haitallisten kasvihuonekaasujen pääsy ilmakehään sekä metaanin aiheuttamat palo- ja räjähdysvaarat. Kuvassa 1 näytetään, kuinka metaani muodostaa palaessaan hiilidioksidia ja vettä. [5.]



**Kuva 1. Metaanin palamisreaktio. [6.]**

## 2.2 Biokaasun ominaisuudet

Biokaasu on koostumukseltaan hyvin maakaasun kaltaista, suurimpana erona maakaasuun verrattuna on pienempi metaanipitoisuus. Molemmista kaasuista suurin osa on metaania, ja metaani muodostaa ilman kanssa yhdessä palavan seoksen. Metaanin ominaisuuksia on kuvattu taulukossa 2.

**Taulukko 2. Metaanin ominaisuudet. [8.]**

Metaani	
Kemiallinen kaava	CH <sub>4</sub>
Tiheys (kg/m <sup>3</sup> )	0,717
Itsesyttymislämpötila (°C)	595
Energiasisältö (kJ/m <sup>3</sup> )	33810

Metaanin syttymisen edellytyksenä on oikean palamiskelpoisen seoksen aikaansaaminen. Palamiskelpoinen seos riippuu metaanin ja hapen määrästä seoksessa sekä seoksen lämpötilasta. Metaanin itsesyttymislämpötila on 537 °C ja syttymisrajat ovat karkeasti 4,4 - 17 tilavuusprosenttia. Taulukossa 3 on kuvattu tarkemmin metaanin syttymisrajoja eri pitoisuuksissa. [7; 8.]

**Taulukko 3. Metaanin syttymisrajat. [7.]**

Tilavuusprosenttia kaasua ilmassa/hapessa			
	Ilmassa 20 °C	Ilmassa 200 °C	Hapessa 20 °C
<b>Metaani</b>	5,0 - 15,0	4,2 - 14,7	5,0 - 60,0

Metaanin lämpöarvo on  $33810 \text{ kJ/m}^3$ , ja biokaasun energiasisältö koostuu yksinomaan metaanista. Yksi kuutiometri biokaasua sisältää energiaa 4 - 5 kWh, ja öljyn energiämääräksi muutettuna se vastaa noin puolta litraa öljyä. Biokaasun ominaisuudet ja pitoisuudet vaihtelevat riippuen, millä tekniikalla tai mistä kohteesta sitä kerätään. Reaktorilaitoksilta kerättävä biokaasu on yleensä metaanipitoisuudeltaan rikkaampaa kuin kaatopaikkalaitoksilta kerättävä. Tyypilliset kaatopaikkalaitokselta kerättävän biokaasun pitoisuudet on esitelty taulukossa 4. [1; 3.]

**Taulukko 4. Kaatopaikkalaitoksen tyypilliset ominaisuudet. [3.]**

Komponentti	Osuus tilavuus - %
Metaani	25 - 65
Hiilidioksidi	25 - 45
Typpi	1-5
Vety	0-3
Rikkivety	0,01-2
Happi	0-2

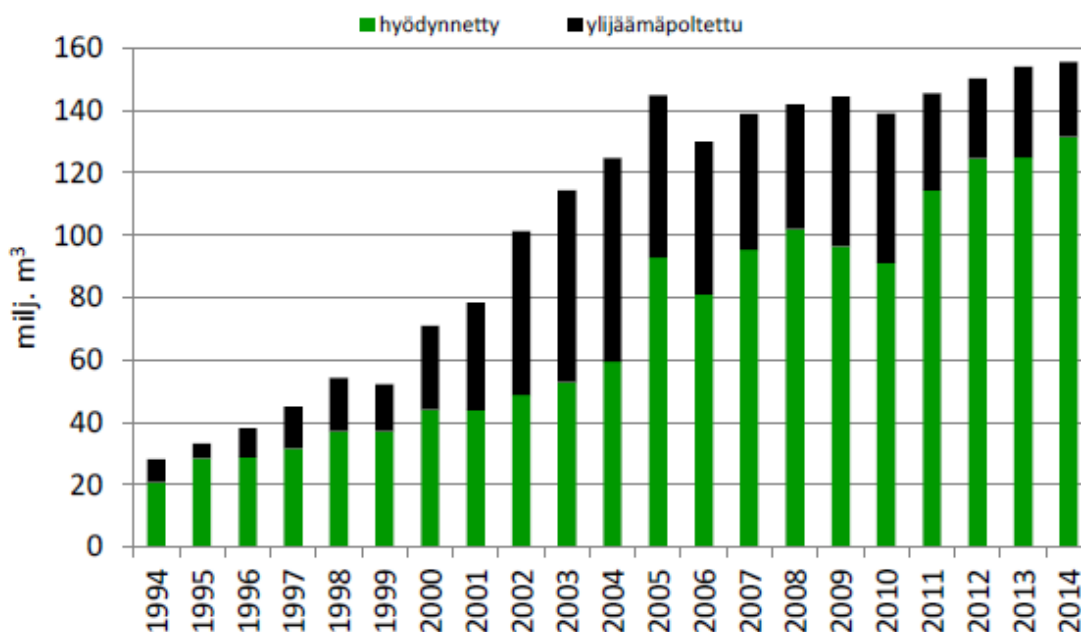
### 2.3 Biokaasun hyödyntämisen historia

Biokaasun hyödyntäminen ei ole sinänsä mikään uusi keksintö. Ensimmäisiä merkkejä biokaasun käytöstä on jo jopa noin 3000 vuotta ennen ajanlaskun alkua, jolloin sumerilaiset harjoittivat anaerobista jätteen puhdistusta. Vuonna 1776 muuan italialainen fyysikko nimeltään Alessandro Volta keräsi henkilökohtaisesti kaasua Comojärveltä tutkimuksiinsa. Hänen tutkimuksensa osoittivat, että kaasun koostumus riippuu käymisprosessista sekä sen, että kaasu voi muodostaa räjähtävän seoksen ilman kanssa. Kemiallisen kaavan metaanille havainnollisti Amadeo Avogadro vuonna 1821. Vuonna 1884 ranskalainen kemisti nimeltään Louis Pasteur yritti tuottaa biokaasua Pariisin teiltä kerätystä hevosen lannasta ja saikin tuotettu 100 litraa biokaasua oppilaansa kanssa. Muutama vuosi tämän jälkeen pienessä englantilaisessa Exeterin kaupungissa katuvalot toimivat jätevedestä tuotetun biokaasun avulla. Noista päivistä tähän päivään asti biokaasua on yritetty hyödyntää sekä on hyödynnetty monin eri tavoin, mutta nykyisen

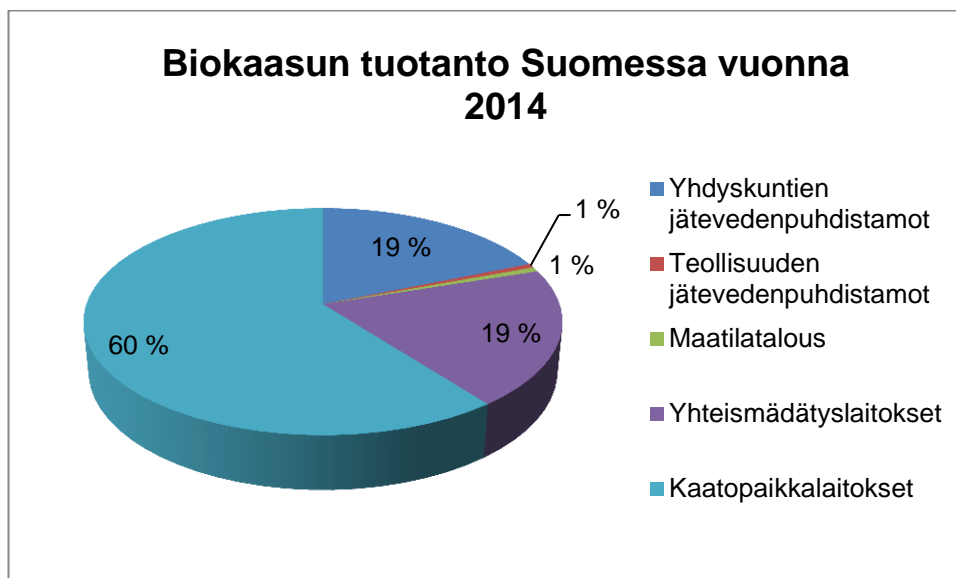
tekniikan ansiosta biokaasun keräämisestä ja hyötykäytöstä on tullut suhteellisen helppoa. [9, s. 27 - 33.]

## 2.4 Biokaasun tuotanto Suomessa

Vuonna 2014 tuotettiin Suomessa 155,5 miljoonaa kuutiometriä biokaasua, josta saatiin tuotettua energiaa 613,3 GWh. Tuosta energiamäärästä tuli 454,7 GWh lämmöntuotannosta ja 158,6 GWh energiantuotannosta. Biokaasusta vuonna 2014 tuotettu energiamäärä oli noin 0,5 % Suomessa tuotetusta uusiutuvan energian kokonaismäärästä. Biokaasun tuottamiseen on useita eri vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi biokaasureaktorit, joita toimii Suomessa teollisuuden ja yhdyskuntien jätteenvedenpuhdistamoilla, maataloilla sekä biojätteen mädätyslaitoksilla tai kaatopaikoilta kerättävä biokaasu. Käytännössä kaikki Suomessa vuonna 2014 kerätystä biokaasusta on peräisin yhdyskuntien reaktorilaitoksilta, yhteismädätyslaitoksilta tai kaatopaikoilta (kts. kuva 3). Maataloudesta ja teollisuuden jätteenvedenpuhdistamoilta kerätty biokaasu on suhteellisen vähäistä. Kuvassa 2 näkyy kuinka biokaasun tuotanto on kasvanut Suomessa tasaisesti vuodesta 1994 lähtien, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. [1.]



Kuva 2. Hyödynnetyn biokaasun määrä Suomessa vuosina 1994-2014. [1.]



**Kuva 3. Biokaasun tuotanto Suomessa vuonna 2014. [1.]**

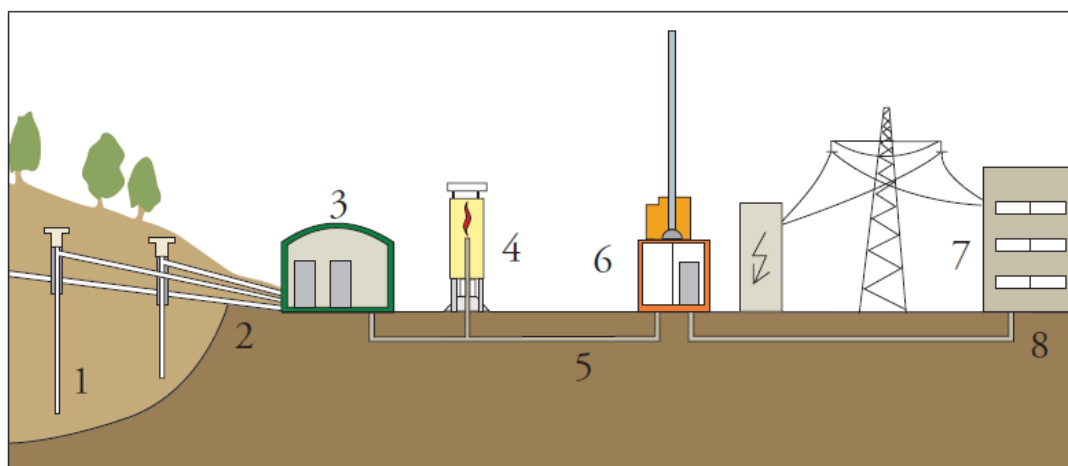
#### 2.4.1 Reaktorilaitokset

Suomessa biokaasun reaktorilaitoksia on yhdyskuntien ja teollisuuden jätteenvedenpuhdistamoilla, maatilataloudessa sekä yhteismädätyslaitokset, jotka käsittelevät biojätteitä lantojen tai puhdistamolietteiden kanssa. Reaktorilaitoksilla yleisin tapa tuottaa energiaa biokaasusta on polttaa kaasua lämpökattilassa, mutta usein käytetään myös CHP -yksiköitä yhdistettyyn lämmön ja sähkön tuotantoon. Lisäksi joillain laitoksilla kaasua myydään myös lähellä sijaitsevien yritysten tarpeisiin. Ylijäämäpolttoa käytetään reaktorilaitoksilla yleensä hyvin vähän, pääsääntöisesti vain huoltotöiden ja käyttökatkojen aikana. [1.]

#### 2.4.2 Kaatopaikkalaitokset

Kaatopaikoille viedään Suomessa vuosittain yli 1 milj. tonnia yhdyskuntajätettä ja moninkertainen määrä teollisuusjätettä. Kaatopaikoille vietävä jäte hajoaa vuosikymmenten kuluessa ja muuttuu biokaasuksi. Kaatopaikoille kerätyn yhdyskuntajätetonnin hajoamisessa muodostuu normaalisti noin 100—200 kuutiometriä biokaasua. Biokaasua muodostuu suomalaisilla kaatopaikoilla arvioiden mukaan noin 200 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Vuonna 2002 voimaan tullut jätelaki ja valtioneuvoston päätös (Vnp 861/1997) asettaa biokaasun keräyksen kaatopaikoilta pakolliseksi. Vuoden 2014 lopussa kerättiin Suomessa talteen biokaasua kaikkiaan 40 kaatopaikalta. Yleisin hyö-

dyntämistapa on lämmöntuotanto, lisäksi 12 laitoksella kaasua hyödynnettiin yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa. Joillain kaatopaikkalaitoksilla biokaasu poltetaan soihutupolttimessa. Kuvassa 4 näkyy pelkistetty esimerkki biokaasun keräyksestä kaatopaikalta. [1; 10; 11.]

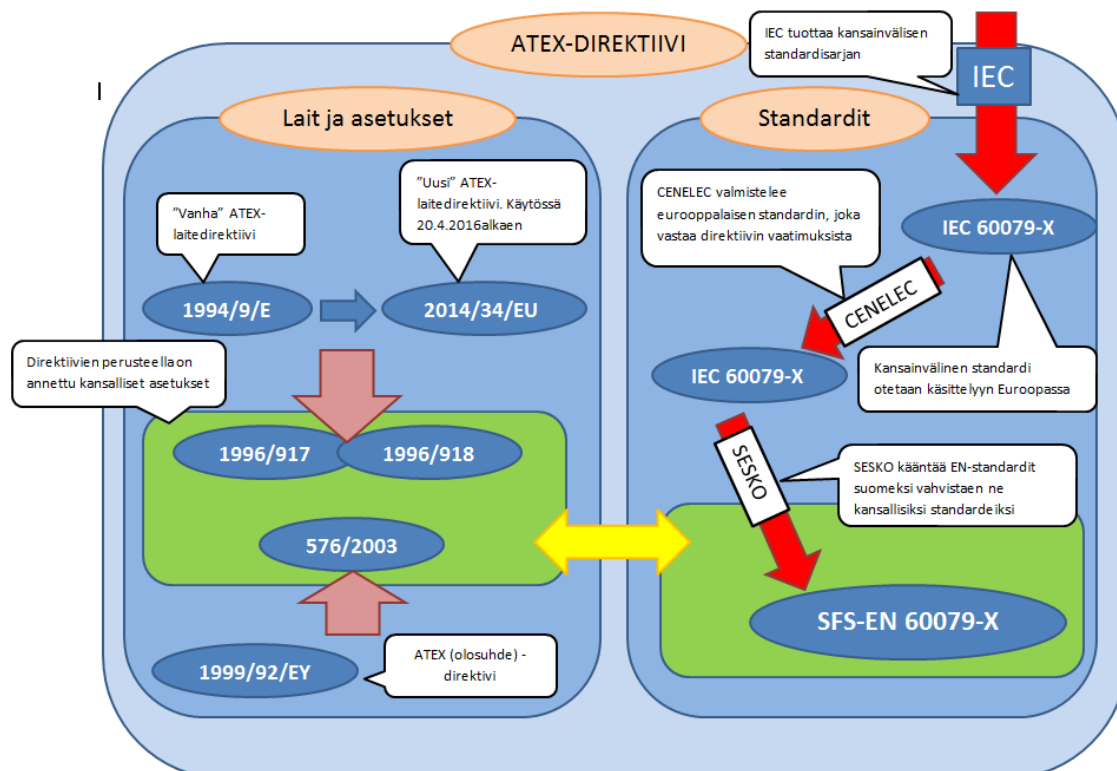


(1) Kaasukaivot jätepenkassa (2) Imuputkisto (3) Pumppaamo  
(4) Soihutupoltin (5) Jakeluputki (6) Kaasuturbiini jaltai lämpökattila  
(7) Sähköä (8) Lämpöä

**Kuva 4. Kaatopaikkalaitoksen toimintaperiaate. [1.]**

### 3 Lainsäädäntö

Räjähdyksvaarallisia tiloja suunniteltaessa, suunnittelijan täytyy ottaa huomioon Euroopan yhteisön direktiivit, eli ATEX-direktiivit. ATEX-sana tulee ranskan kielen sanoista *atmosphères explosibles* ja tarkoittaa suomennettuna räjähtäviä olosuhteita. ATEX-direktiivejä on kaksi, joista toinen koskee räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita ja toinen on olosuhde-direktiivi, joka on tarkoitettu räjähdysvaarallisissa olosuhteissa työskentelevien ihmisten suojelemiseksi. ATEX-direktiivit eivät ole Suomessa sellaisenaan käytössä vaan niiden pohjalta on säädetty erillisiä lakeja ja päätöksiä, joita Suomessa noudatetaan. Lait ja päätökset taas liittyvät erikseen määriteltyihin standardeihin, joita sovelletaan Suomessa käytäntöön SFS-EN 60079 -sarjan standardeilla. Kuvan 5 on tarkoitus selkeyttää lakien ja standardien välistä yhteyttä. [12; 13.]



Kuva 5. ATEX-direktiivin etenemistaulukko. [13.]

### 3.1 ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/9/EY eli niin kutsuttu ATEX-laitedirektiivi annettiin 23.3.1994. Direktiivi koskee laitteita, joita käytetään räjähdysvaarallisissa tiloissa sekä normaali-ilmanpaineessa ilmanseoksissa, joissa on syttymislähde. Räjähdysvaaran voivat aiheuttaa erilaiset pöly- tai kaasuseokset yhdessä ilman kanssa. ATEX-laitedirektiiviin alaisuuteen kuuluvat muun muassa sähkölaitteet, mekaaniset laitteet (pumput, nostimet, venttiilit), suojausjärjestelmät, turva-, säätö- ja ohjauslaitteet sekä laitteiden ja suojausjärjestelmien komponentit. Direktiivi on ollut noudatettavissa 1.3.1996 lähtien ja siirtymäaika oli aina 30.6.2003 saakka. 1.7.2003 lähtien laitteita voitiin tuoda markkinoille vain, kun ne täyttivät ATEX-laitedirektiivin määräykset. ATEX-laitedirektiivin tarkoitus on varmistaa laitteiden korkea turvallisuustaso sekä tuotteiden vapaa liikkuvuus EU:n markkinoilla. Suomessa direktiivi ei ole sellaisenaan käytössä vaan sen pohjalta on säädetty kauppa- ja teollisuusministeriön asetus (917/1996) sekä päätös räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjes-

telmistä (918/1996). ATEX-laitedirektiivi 94/9/EY tullaan korvaamaan 20.4.2016 uudella ATEX-laitedirektiivillä 2014/34/EU. [12; 14; 15.]

### 3.2 ATEX-olosuhdedirektiivi 1999/92/EY

ATEX-olosuhdedirektiivi (1999/92/EY) annettiin 16.12.1999. Direktiivissä on asetettu vähimmäisvaatimukset räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamalle vaaralle alttiiksi joutuvien työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelun parantamiseksi. ”Räjähdyskelpoisella ilmaseoksella” tarkoitetaan seosta, jossa toinen osa on normaalipaineinen ilma ja toisena osana on höyryn, kaasun, pölyn tai sumun muodossa olevia palavia aineita. Direktiivi asettaa vähimmäisvaatimukset työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelun parantamiseksi. Suomessa myöskään tämä direktiivi ei ole sellaisenaan käytössä vaan sen on saattanut voimaan Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (Vna 576/2003). Tilat, joissa saattaa esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia, pitää merkitä direktiivin mukaan varoitusmerkillä. Varoitusmerkki on kolmion muotoinen ja siinä on mustat kirjaimet keltaisella taustalla ja musta reunus (kts. kuva 6). Varoitusmerkki pitää olla sisäänkäynnin yhteydessä, jotta käyttäjä tietää astuvansa räjähdysvaaralliseen tilaan. [16.]



**Kuva 6. Räjähdysvaarallisten tilojen merkintä. [16.]**

### 3.3 ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU

Uusi ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU tulee voimaan 20.4.2016, ja se tulee syrjäyttämään vanhan direktiivin 94/9/EY. Uudessa laitedirektiivissä on tehty paljon muutoksia vanhaan direktiiviin 94/9/EY, joten vanha direktiivi on päätetty selkeyden vuoksi laatia uudelleen. Uusi direktiivi tulee koskemaan lähinnä laitteiden valmistajia, joten se ei tuo muutoksia laitevalintoihin ja asennuksiin. Uudessa ATEX-laitedirektiivissä tullaan muun muassa edellyttämään laitteen valmistajalta aikaisempaa selkeämmin asianmukaista laitteeseen liittyvää syttymisvaaran arviointia. Uusi ATEX-laitedirektiiviä koskeva lainsäädäntö on vielä valmisteluvaiheessa, eikä tätä direktiiviä käsitellä tässä opinnäytetyössä sen tarkemmin. [13; 15; 18.]

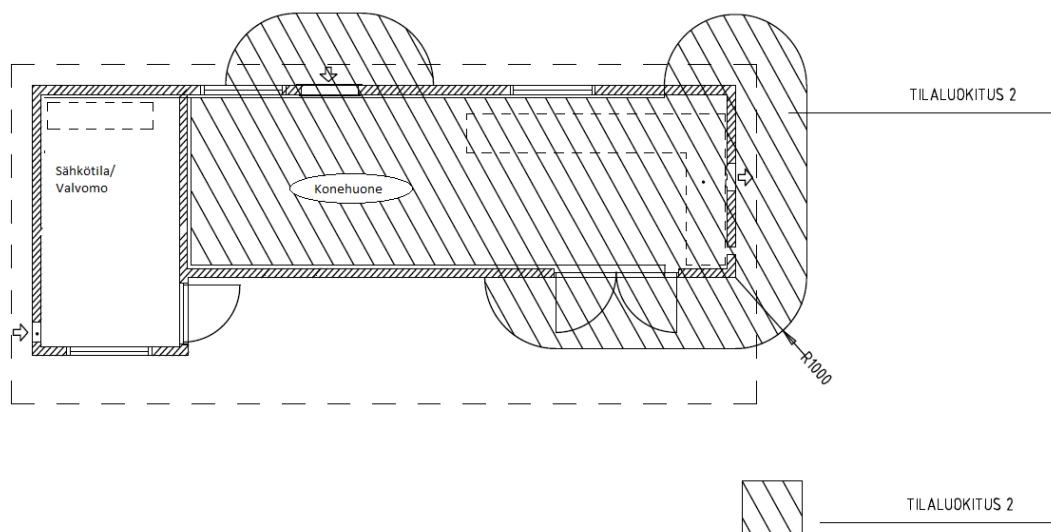
## 4 Räjähdyksivaaralliset tilat

Räjähdyksivaaralliset tilat ovat tiloja, joissa palavat pölyt, nesteet tai kaasut voivat muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen. Räjähdyksivaarallisia tiloja kutsutaan myös yleisimmin Ex-tiloiksi. Ex-tiloissa yhdistyy kolme asiaa, jotka aiheuttavat räjähdysvaaran. Nämä asiat ovat

- syttyvä aine, esimerkiksi kaasu, neste tai palava pöly
- ilma/happi
- sytytyslähde, esimerkiksi kipinä.

Räjähdyksivaarallisissa tiloissa tehtäviin asennuksiin Euroopan unionin alueella on määritelty niin kutsutut ATEX-direktiivit ja niiden pohjalta on tehty erilaisia standardeja ja päätöksiä, joita noudatetaan Suomessa. Yksi ATEX-direktiivin mukainen vaatimus on, että Ex-tiloihin pitää laatia räjähdysvaarasuojasiakirja, josta täytyy selvittää työskentelytilojen tilaluokitukset. Biokaasupumppaamoilla oleva kompressoritila on määritelty räjähdysvaaralliseksi tilaksi ja kuuluu tilaluokkaan 2. Tilaluokkaan 2 kuuluu myös ilmanpoistotuulettimen poistoaukon ja ilmanottoaukon ympäristö metrin säteellä. Kuvasta 7 ilmenee Vaasan biokaasupumppaamon tilaluokitukset.





**Kuva 7. Vaasan biokaasupumppamon tilaluokitukset.**

Tilaluokka 2 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on normaalitoiminnassa epätodennäköistä ja kestää esiintyessään vain lyhyen ajan. Normaalitoiminnaksi luetaan esimerkiksi näytteenotto, suodattimien vaihto tai muut huoltotyöt. Olemassa olevat tilaluokat ja niiden väliset erot ilmenevät taulukossa 5. [15.]

Taulukko 5. Tilaluokat [10.]

Tilaluokka	Määritelmä	Sallittu laiteluokka
Tilaluokka 0	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkä-aikaisesti tai usein.</b>	1G
Tilaluokka 1	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa <b>satunnaisesti.</b>	1G tai 2G
Tilaluokka 2	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.</b>	1G, 2G tai 3G
Tilaluokka 20	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkä-aikaisesti tai usein.</b>	1D
Tilaluokka 21	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa <b>satunnaisesti.</b>	1D tai 2D
Tilaluokka 22	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.</b>	1D, 2D tai 3D

## 5 Räjähdyssuojausasiakirja

Räjähdyssvaarallisissa tiloissa on oltava toiminnan harjoittajan tai työnantajan laatima räjähdysuojausasiakirja Vna 576/2003 § 8:n mukaisesti. Räjähdyssuojausasiakirjassa täytyy esittää vaaran arvioinnin tulokset ja toteutetut suojaustoimenpiteet. Räjähdyssuojausasiakirja on laadittava ennen työn aloittamista ja sitä tulee tarkastaa ja päivittää, jos työskentelytilaa työvälineitä tai työjärjestelyjä muutetaan olennaisesti. Räjähdyssuojausasiakirjassa on estettävä erityisesti seuraavat asiat:

- räjähdysvaaran määrittely ja merkitys
- asianmukaiset toimenpiteet toteutetaan asetusten saavuttamiseksi
- tilaluokittelu
- Ex-tilojen lisäksi tilat, joissa käytetään Ex-tilojen työvälineiden turvalliseen käyttöön tarkoitettuja laitteita

- työpaikan, työvälineiden ja varoituslaitteiden asianmukainen turvallisuus, käyttö ja huoltotoimenpiteet
- työvälineiden turvallisesta käytöstä erikseen vaaditut toimenpiteet. [19.]

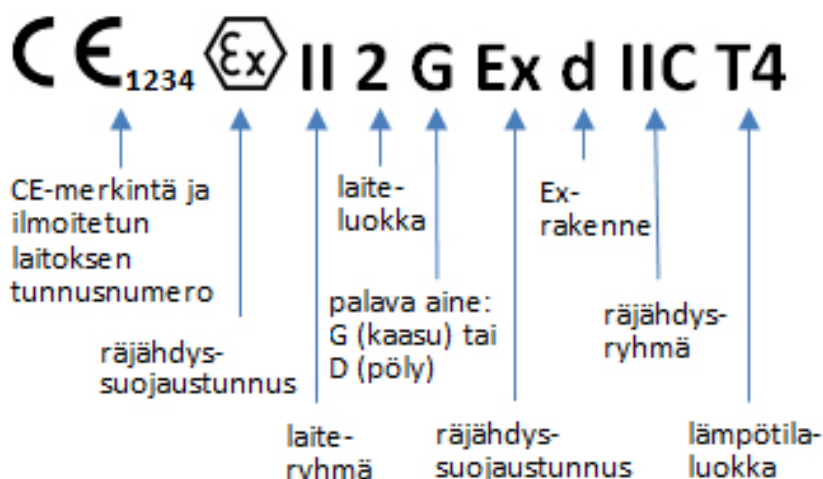
## 6 Ex-laitteet ja niiden merkinnät

ATEX-laitedirektiivin vaatimukset koskevat räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviksi tarkoitettuja laitteita ja suojausjärjestelmiä. Direktiivin tarkoitus on ensisijaisesti suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä ihmisiä, mutta myös yhtenäistää räjähdysvaarallisten tilojen laitteiden turvallisuusvaatimuksia. ATEX-laitedirektiiviä tukemaan on tehty monia eri EN-standardeja, joiden avulla valmistajat voivat saavuttaa tarvittavat vaatimukset. Ex-laitteille on määritetty standardeissa olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia.

Laitteet ja suojausjärjestelmät on suunniteltu siten, että mahdollista räjähdystä ei pääsisi syntymään. ATEX-laitedirektiivissä on määritetty laitteiden valmistajille yhtenäiset turvallisuusperiaatteet, jotka on lueteltu alla.

- vältetään ensisijaisesti laitteiden itse aiheutetut räjähdystilanteet
- estetään räjähdystilojen syttyvyys, kun otetaan huomioon kukin sähköinen tai sähköön liittymätön sytytyslähde.
- jos kaikesta huolimatta tapahtuisi räjähdys, joka vaarantaisi ihmisiä, eläimiä tai omaisuutta, estää ja/tai rajoittaa räjähdyksestä aiheutuvien haittojen vaikutusalaa riittävälle turvallisuustasolle. [20.]

ATEX-laitedirektiivi määrittelee Ex-laitteille useita vaatimuksia, jonka mukaan Ex-laitteet pitää merkitä luettavalla ja pysyvällä tavalla. Kuvassa 8 näkyy tyypillinen Ex-laitteen merkintä.



Kuva 8. Tyypillinen Ex-laitteen merkintä. [12.]

#### 6.1 CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen tunnusnumero

CE tulee ranskan kielen sanoista Conformité Européenne ja se on valmistajan ilmoitus siitä, että laite täyttää Euroopan unionin mukaiset yleiset turvallisuusvaatimukset. CE-merkinnän vieressä näkyvä nelinumeroinen numerosarja tarkoittaa virallista tarkastuslaitosta, joka toteaa ja todistaa, että kyseessä oleva tuote täyttää ATEX-laitedirektiivin mukaiset vaatimukset. Edellä mainittu virallinen tarkastuslaitos myöntää myös ATEX-sertifikaatin, joka vaaditaan viralliselle ATEX-sertifioidulle laitteelle. Virallisia tarkastuslaitoksia on muun muassa seuraavat laitokset:

- **0589** BAM (Saksa)
- **0158** DEKRA/EXAM (Saksa)
- **0600** EECS/BASEEFA (UK)
- **0637** IBExU (Saksa)
- **0344** KEMA (Hollanti)
- **0081** LCIE (Ranska)
- **0102** PTB (Saksa)
- **0518** SIRA (UK)
- **0044** TÜV/NORD CERT (Saksa) [21.]

## 6.2 Räjähdyssuojaustunnus

ATEX-merkintä sisältää kaksi kappaletta räjähdysuojaustunnuksia. Ensimmäinen räjähdysuojelun erityismerkintä lisätään CE-merkinnän yhteyteen ATEX-laitedirektiivin mukaan. Toinen merkintä (Ex) tulee laiteluokan jälkeen. Ennen ATEX-laitedirektiivin voimaan tuloa käytettiin myös EN-standardien mukaista merkintää EEx. Kun ATEX-laitedirektiivi tuli voimaan Ex-merkinnästä otettiin ylimääräinen E-kirjain pois. EEx-sertifioituja laitteita saa nykyäänkin vielä valmistaa ja asentaa, mutta niiden vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa pitää olla selvitys siitä, että standardien muutokset eivät koske kyseessä olevaa laitetta lainkaan tai ne eivät ole merkittäviä. Kuvassa 9 näkyy tyypillinen räjähdysuojaustunnuksen merkintä. [12; 13.]



**Kuva 9. Räjähdyssuojauksen erityismerkintä. [22.]**

## 6.3 Laiteryhmä, laiteluokka ja palava aine

Ex-laitteet jaetaan kahteen eri ryhmään. Ryhmän I laitteet on tarkoitettu kaivosteollisuuteen, joissa räjähdysvaaran aiheuttaa kaivoskaasu (metaani) ja/tai pöly. Ryhmään II kuuluu muualla räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät laitteet. Merkintä I tai II on heti räjähdysuojausmerkinnän jälkeen sen oikealla puolella. [21.]

Eri laiteluokkia on yhteensä viisi kappaletta. Laiteryhmään I kuuluu laiteluokat M1 ja M2. Laiteryhmään II kuuluu laiteluokat 1, 2 ja 3 (kts. taulukko 6). Laiteluokan merkintä on yleensä heti laiteryhmän jälkeen oikealla puolella. Laiteluokat eroavat toisistaan turvallisuustason perusteella. Pienempi numero tarkoittaa korkeampaa turvallisuustasoa. Laiteluokan merkinnän yhteyteen tulee myös palavan aineen merkintä, jolla esitetään, aiheuttaako räjähdysvaaran pöly vai kaasu. Merkinnät ovat G (gas) tarkoittaen kaasua, D (dust) tarkoittaen pölyä tai GD, jolloin laitteessa on pöly- sekä kaasuojaus. [22.]

**Taulukko 6. Laiteryhmät ja laiteluokat. [14.]**

Laiteryhmä	Laiteluokka	Turvallisuustaso	Tilaluokat
I	M1	Erittäin korkea turvallisuustaso	
I	M2	Korkea turvallisuustaso	
II	1	Erittäin korkea turvallisuustaso	0 ja 20
II	2	Korkea turvallisuustaso	1 ja 21
II	3	Normaaliturvallisuustaso	2 ja 22

#### 6.4 Ex-rakenne

Laiterakenteen päätarkoituksena on pyrkiä estämään Ex-tilojen muodostumiset, eliminoimaan syttymislähteet ja minimoimaan räjähdysten seuraukset. Syttymislähteitä voivat olla muun muassa erilaiset kuumat pinnat, liekit, mekaaniset kipinät, sähkölaitteet, staattinen sähkö, paineiskut ja lämpöä synnyttävät reaktiot (itsesytyminen). ATEX-merkinnästä ilmenee, kuinka laitteen Ex-rakenne on toteutettu. Jokaiselle Ex-suojausrakenteelle on olemassa myös oma standardinsa, jonka vaatimukset laitteen pitää täyttää. Liitteessä 2 on kuvattu laitteiden Ex-rakenteet. [20.]

#### 6.5 Räjähdyssryhmä

Räjähdyssryhmä valitaan laitteen sijoituspaikalla vallitsevan pöly- tai kaasuseoksen mukaan. Kaikilla kaasuilla ja pölyryhmillä on omat räjähdysryhmänsä esim. metaani = IIA. Räjähdyssryhmät on kuvattu taulukossa 7.

Taulukko 7. Räjähdyssryhmät. [22.]

Sijoituspaikan räjähdysryhmä	Laitteen sallittu räjähdysryhmä	Kaasut	Pölyt
IIA	II, IIA, IIB tai IIC	Metaani, Ammoniakki, Etaani, Propani	
IIB	II, IIB tai IIC	Etyylialkoholi, Sykloheksaani, N-butaani	
IIC	II tai IIC	Bensiini, N-heksaani	
IIIA	IIIA, IIIB tai IIIC		Syntyvät ja lentävät hierteet
IIIB	IIIB tai IIIC		Ei-johtavat pölyt
IIIC	IIIC		Sähköä johtavat pölyt

## 6.6 Lämpötilaluokat

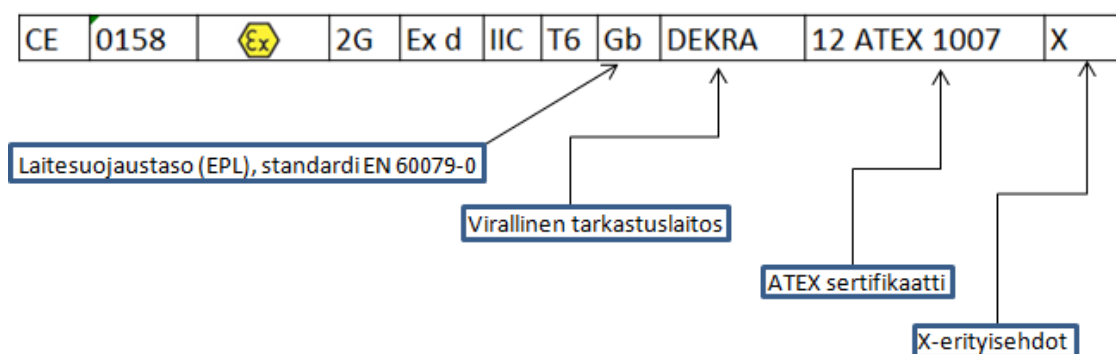
Laitteen lämpötilaluokka kertoo, mikä on laitteen suurin sallittu pintalämpötila. Lämpötilaluokka valitaan sijoituspaikan pöly- tai kaasuseoksen mukaan. Esimerkiksi metaanin syttymislämpötila on 595 °C ja lämpötilaluokka on näin ollen T1. Jos ATEX-merkinnässä on mainittu useampia lämpötilaluokkia kuin yksi, määrittelee tuotteen sertifikaatti, milloin kukin luokka on voimassa. Lämpötilaluokkien väliset erot näkyvät taulukossa 8.

Taulukko 8. Lämpötilaluokat. [22.]

Laitteen lämpötilaluokka	Laitteen suurin sallittu pintalämpötila	Räjähdyksvaarallisen kaasuseoksen syttymislämpötila	Laitteen sallitut lämpötilaluokat
T1	450 °C	≥ 450 °C	T1 ... T6
T2	300 °C	300... 450 °C	T2 ... T6
T3	200 °C	200... 300 °C	T3 ... T6
T4	135 °C	135... 200 °C	T4 ... T6
T5	100 °C	100... 135 °C	T5 ... T6
T6	85 °C	85... 100 °C	T6

## 6.7 Lisämerkinnät

Näiden edellä mainittujen merkintöjen lisäksi ATEX-merkintä voi sisältää muutamia lisämerkintöjä, jotka yleensä on ilmoitettu merkinnän lopussa (kts. kuva 10). Uudemmissa Ex-laitteissa nämä merkinnät esiintyvät useammin kuin vanhemmissa. Näitä lisämerkintöjä on laitesuojaustaso (EPL), tarkastuslaitoksen numero, ATEX-sertifikaatin numero ja X-erityisehtomerkintä.



**Kuva 10. ATEX -merkinnän lisämerkinnät. [22.]**

Laitesuojaustaso (EPL) perustuu periaatteeseen, jossa räjähdysvaaraa arvioidaan riskianalyysin kautta. Laitesuojaustaso voi olla ilmoitettu erikseen merkinnän lopussa tai suojausluokan lisänä. Merkinnästä selviää, onko kyse pölystä vai kaasusta ja suojaustaso, joka on joko a, b tai c. Taulukossa 9 näkyy tilaluokkien ja räjähdysuojaustason välinen yhteys. Laitesuojaustasojen ja laiterakenteiden väliset suhteet on kuvattu tarkemmin liitteessä 2.

**Taulukko 9. Laitteen räjähdysuojaustaso. [22.]**

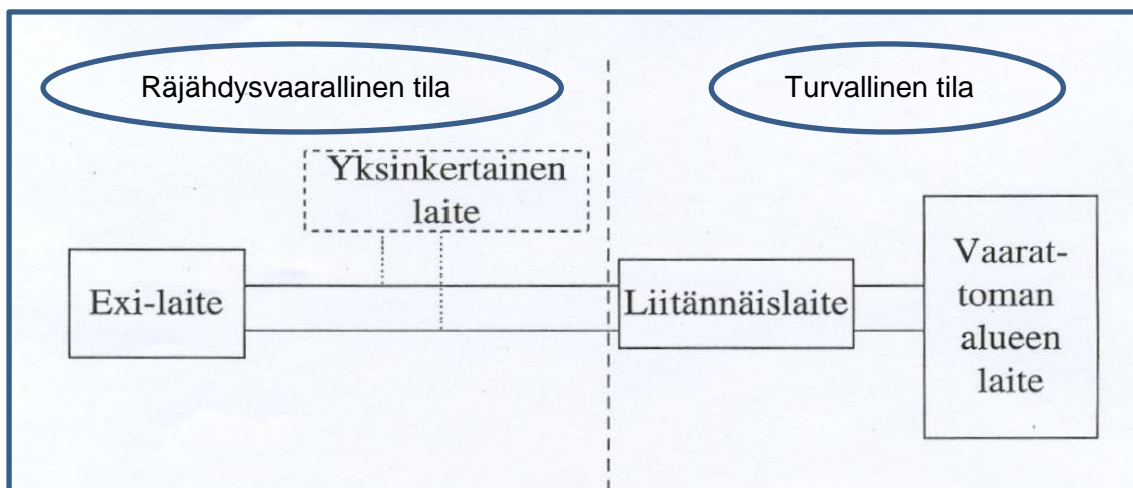
Tilaluokka	Laitteen räjähdysuojaustaso (EPL)
0	"Ga"
1	"Ga" tai "Gb"
2	"Ga", "Gb" tai "Gc"
20	"Da"
21	"Da" tai "Db"
22	"Da", "Db" tai "Dc"



ATEX-merkinnässä voidaan ilmoittaa myös laitteen virallisen tarkastuksen tehnyt tarkastuslaitos sekä ATEX-sertifikaatin numero. ATEX-sertifikaatti on tarkastuksen tehneen virallisen laitoksen myöntämä sertifikaatti, jolla todetaan kyseinen laite ATEX-direktiivin mukaiseksi (ks. liite 1). Viimeisenä merkintänä Ex-laitteessa voi olla X- tai U-kirjain, joka tarkoittaa laitteen turvallisen käytön edellyttämiä erityisehtoja. Tätä merkintää ei ole kaikissa Ex-laitteissa. Jos laitteen merkinnästä löytyy kirjain X tai U, erityisehdot löytyvät ATEX-sertifikaatista. Erityisehtoja voi olla esimerkiksi laitteen sijoituspaikka räjähdysvaarallisessa tilassa, määrätty liitännäislaite tai ylimääräinen maadoitus laitteen runkoon.

## **7 Exi-piirit**

Exi-piireillä tarkoitetaan sellaisia piirejä, joissa rakenteeltaan ia-, ib- tai ic-laiterakenteella oleva laite on asennettu räjähdysvaaralliseen tilaan. Exi-laitteet ovat ”yksinkertaisia” tai luonnostaan vaarattomia laitteita, joiden tarkoitus on rajoittaa energiatasot niin alhaisiksi, ettei syttyviä kipinöitä tai kuumia pintoja pääse syntymään. Luonnostaan vaaraton laite on sähkölaite, jonka kaikki piirit ovat luonnostaan vaarattomia. Yksinkertaisia laitteita voivat olla esimerkiksi passiiviset komponentit kuten kytkimet, jakorasiat ja vastukset, energiaa varastoivat komponentit kuten kondensaattorit ja kelat sekä jotkut energiaa tuottavat komponentit. Energiaa tuottavien komponenttien energiantuotto ei saa ylittää arvoja 1,5 V, 100 mA ja 25 mW. Suojusrakenne Exi katkaa koko piirin sähköenergian rajoittamisen. Piiriin kuuluu yleensä itse Exi-laite, liitännäiskaapeli sekä liitännäislaite, joka toimii räjähdysvaarallisen ja turvallisen tilan erottimena (kts. kuva 11). [13; 23.]



Kuva 11. Yksinkertainen esimerkki Exi-piiristä. [15.]

Exi-piireille pitää suorittaa sähköisten arvojen tarkastaminen ennen piirien asennusta, jota kutsutaan Exi-piirien varmentamiseksi. Varmennuksessa tarkastetaan Exi- ja liitännäislaitteen jännite-, virta- ja tehoarvot. Jotta laitteet olisivat yhteensopivia, pitää liitännäislaitteen arvot olla pienempinä kuin Exi-laitteen vastaavat arvot (kts. taulukko 10).

Taulukko 10. Liitännäislaitteen ja Exi-laitteen väliset jännite-, virta- ja tehoarvot. [15.]

	Liitännäislaitte		Exi-laite
Käyttöjännite (V)	U	≤	U
Ex-i jännite (V)	$U_o$	≤	$U_i$
Ex-i virta (A)	$I_o$	≤	$I_i$
Ex-i teho (W)	$P_o$	≤	$P_i$

Edellä mainittujen lisäksi varmennuksessa pitää tarkastaa myös Exi-piirin kapasitanssi- ja induktanssiarvot. Piirin kokonaiskapasitanssin ja –induktanssin määrää piiriin sijoitettu liitännäislaitte. Jos piirissä olevien Exi-laitteiden  $L_i$  tai  $C_i$  on ≤ 1% liitännäislaitteen merkityistä arvoista  $L_o$  ja  $C_o$  voidaan käyttää suhdetta  $C_o ≤ C_i + C_c$  ja  $L_o ≤ L_i + L_c$ . Mikäli taas molemmat Exi-laitteiden arvoista on yli 1 %:n liitännäislaitteen arvoista on arvot  $C_o$  ja  $L_o$  puolitettava. Taulukoista 11 ja 12 ilmenee liitännäislaitteen ja Exi-laitteen väliset kapasitanssi- ja induktanssisuhteet. [13; 15]

**Taulukko 11. Jos piirissä olevien Exi-laitteiden  $L_i$  tai  $C_i$  on  $\leq 1\%$  liitännäislaitteiden arvoista  $L_o$  ja  $C_o$ . [15.]**

<b>JOS</b>	$C_i \leq 1\% * C_o$	
<b>TAI</b>	$L_i \leq 1\% * L_o$	
<b>Liitännäislaitte</b>	<b>Exi-Laitte</b>	<b>Kaapeli</b>
$C_o \leq C_i + C_c$		
$L_o \leq L_i + L_c$		

**Taulukko 12. Jos molemmat Exi-laitteiden arvoista on yli 1% liitännäislaitteiden arvoista  $C_o$  ja  $L_o$ . [15.]**

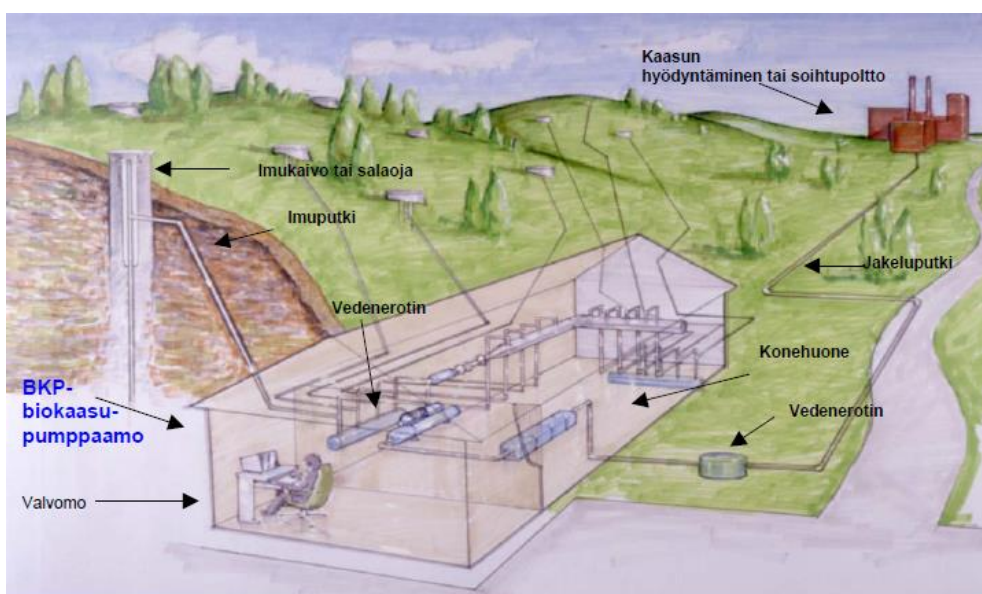
<b>JOS</b>	$C_i > 1\% * C_o$	
<b>JA</b>	$L_i > 1\% * L_o$	
<b>Liitännäislaitte</b>	<b>Exi-Laitte</b>	<b>Kaapeli</b>
$C_o * \frac{1}{2} \leq C_i + C_c$		
$L_o * \frac{1}{2} \leq L_i + L_c$		

## 8 Biokaasupumppaamo

Biokaasupumppaamo on biokaasun pumppaukseen tarkoitettu laitos. Biokaasua voidaan pumpata esimerkiksi kaatopaikoilta tai biokaasureaktoreilta. Pumppaamon tarkoitus on alipaineen avulla imeä biokaasua kohteesta ja tarvittaessa myös puhdistaa kaasu. Pumppaamolta kaasu jatkaa matkaansa yleensä energian tuotantoon tai hukkapolttoon soihutupolttimelle. Kaatopaikoilla toimivia biokaasupumppaamoita voidaan kutsua myös kaatopaikkalaitoksiksi.

Biokaasua kerätään jätepenkereeseen asennettujen siiviläputkien avulla, jotka voidaan sijoittaa pystyyn (imukaivot) tai vaakatasoon (salaojat). Imukaivot soveltuvat vanhoille, korkeille kaatopaikoille ja salaojat uusille sekä matalille kaatopaikoille. Myös yhdistettyjä rakenteita käytetään. Biokaasupumppaamon tarkoitus on turvallisesti ylläpitää siiviläputkistossa alipaine ja korottaa paine kaasun siirtoa ja käyttöä varten. [10.]

Kaasu johdetaan imukaivoista ja salaojista pumppaamolle 1—2 metrin syvyyteen maan alle sijoitetun imuputkiston avulla. Imuputkistot yhdistyvät toisiinsa pumppaamolle sijoitetun kokoojatukin avulla. Jokaisella imukaivolla tai salaojalla, joita sanotaan linjoiksi, on oma yhdistymiskohta kokoojatukkiin ja oma käsiventtiili linjan säätämiseksi. Pumppaamo sisältää kompressorin, joka luo linjoihin alipaineen, jolla biokaasu pumpataan kaatopaikalta eteenpäin käsiteltäväksi tai poltettavaksi. Pumppaamolta lähtee eteenpäin putki, joka johtaa laitokselle, jolla biokaasusta tehdään energiaa tai soih tupolttimelle. Kuvassa 12 näkyy perinteisen kaatopaikkalaitoksen putkisto kaatopaikalta biokaasulaitoksen kautta hyötykäyttöön.



Kuva 12. Biokaasupumppaamo kaatopaikalla. [10.]

## 9 Tutkittavat pumppaamot ja niiden ATEX-laitteet

Kappale numero 9 on jätetty pois julkaistavasta opinnäytetyöstä toimeksiantajan pyynnöstä.

## 10 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä perehdyttiin yleisesti biokaasun hyödyntämiseen, sen ominaisuuksiin ja tuotantoon Suomessa. Lisäksi työssä käytiin läpi yleisesti räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyviä määräyksiä ja niissä käytettäviä laitteita.

Räjähdysvaarallisissa tiloissa ei voida käyttää mitä tahansa sähkö- tai mekaanisia laitteita. Tiloihin asennettavien laitteiden pitää täyttää räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetut erikoisvaatimukset. Räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyy monia eri direktiivejä, standardeja ja lakeja, jotka saattavat vaikuttaa maallikolle hankalilta. Näitä säädöksiä yritettiin selvittää tässä opinnäytetyössä.

Ennen työn aloittamista ATEX-termi ei ollut sinänsä tuttu eikä myöskään räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyvät lait ja säädökset. Räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyvät määräykset tuntuivat aluksi hankalilta, mutta helpottuivat lopulta kun määräysten ja standardien vaatimukset oppi tuntemaan.

Opinnäytetyön aihe oli suurimmaksi osaksi tiedon hankkimista ja tulkitsemista. Aihe oli todella laaja ja standardien, ja määräysten välisten suhteiden selvittämiseen meni paljon aikaa. Aihe oli mielenkiintoinen ja haastava, se opetti paljon uutta asiaa ATEX-standardeista ja räjähdysvaarallisista tiloista sekä biokaasulaitoksista.

Työn tarkoitus oli selvittää vanhojen biokaasupumppaamoiden laitteisto ja verrata niitä nykyvaatimukseen. Työn tuloksen saatiin selville, että biokaasupumppaamoiden turvallisuus ja vaatimuksenmukaisuus oli kunnossa muutamaa pientä poikkeusta lukuun ottamatta. Poikkeukset johtuivat pääosin tiukentuneista ATEX-säädöksistä ja niiden tulkinnasta. Tätä opinnäytetyötä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää uusien laitosten suunnittelussa ja vanhojen laitosten määräaikaistarkastuksissa.

## Lähteet

- 1 Huttunen, J. Markku & Kuittinen, Ville. 2014. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 18. Publications of the University of Eastern Finland. reports and Studies in Forrsetry and Natural Sciences No 21.
- 2 Biokaasu – Puhdasta uusiutuvaa energiaa. Esite. Suomen biokaasuyhdistys ry, 2012.
- 3 Väisänen Petri & Salmenoja Jarkko. Biokaasun muodostuminen ja sen hallittu käsittely kaatopaikoilla. <<http://www.biokaasuyhdistys.net/docs/kaatgas.pdf>> Verkkodokumentti. Luettu 12.4.2016.
- 4 Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. Kasvihuonepäästöt Suomessa. <[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ymp\\_\\_khki/010\\_khki\\_tau\\_101.px/table/tableViewLayout1/?rxid=4cf5a09d-3c76-4ed4-8ecf-eee34ac07822](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ymp__khki/010_khki_tau_101.px/table/tableViewLayout1/?rxid=4cf5a09d-3c76-4ed4-8ecf-eee34ac07822)> Verkkodokumentti. Luettu 12.4.2016.
- 5 Global Methane Emissions and Mitigation Opportunities. Verkkodokumentti. <[http://www.globalmethane.org/documents/analysis\\_fs\\_en.pdf](http://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_en.pdf)>. Luettu 24.2.2016.
- 6 Middle School Chemistry. Verkkodokumentti. <<http://www.middleschoolchemistry.com/multimedia/chapter6/lesson1>>. Luettu 4.4.2016.
- 7 Maakaasun käsikirja. Verkkodokumentti. <[http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/pdf/kasikirja/maakaasun\\_kasikirja.pdf](http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/pdf/kasikirja/maakaasun_kasikirja.pdf)>. Luettu 24.2.2016.
- 8 OVA-ohje: METAANI. Verkkodokumentti. <<https://www.ttl.fi/ova/metaani.pdf>> . Luettu 24.2.2016.
- 9 Dieter, Deublein & Angelika Steinhauser. 2008. Biogas from waste and renewable resources. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- 10 Pajala, Tanja. 2002. Biokaasulaitosten automaation ja instrumentoinnin toiminnan arviointi sekä valvomon modernisointi. Espoon-Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu.
- 11 Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970861>>. Luettu 28.2.2016.

- 12 ATEX – Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet. Tukes. Verkkodokumentti.  
<<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/>> Luettu 5.4.2016.
- 13 Katainen Juhani. 2015. Sähkö- ja instrumentointisuunnittelun kehittäminen ATEX-ympäristössä hyödyntäen mallipiirikaaviota. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- 14 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitettuista laitteista ja suojausjärjestelmistä (KTMp 918/1996).  
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960918>>. Verkkodokumentti. Luettu 5.4.2016.
- 15 Räjähdyksvaaralliset tilat ja sähköturvallisuus. Koulutusopas. Inspecta.
- 16 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 1999/92/EY. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, L23/57. Verkkodokumentti. Luettu 5.4.2016.
- 17 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, L96/309. Verkkodokumentti. Luettu 5.4.2016.
- 18 Mekaaniset ATEX-tilan laitteet. Verkkodokumentti.  
<[http://www.vttexpertservices.fi/Pages/mekaaniset\\_atex\\_tilan\\_laitteet.aspx](http://www.vttexpertservices.fi/Pages/mekaaniset_atex_tilan_laitteet.aspx)>. Luettu 5.4.2016.
- 19 Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (VNa 918/1996).  
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030576>>. Verkkodokumentti. Luettu 5.4.2016.
- 20 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/9/EY. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1994L0009:20031120:fi:PDF>>. Verkkodokumentti. Luettu 5.4.2016.
- 21 ATEX, Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. 2003. Tukes opas. Verkkodokumentti.  
<[http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_opaat/ATEX\\_opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf)>. Luettu 5.4.2016.
- 22 Ex-räjähdyksvaaralliseen tilaan tarkoitettujen laitteiden merkinnät.  
<[http://dio.fi/wp-content/uploads/2014/09/atexkoodit\\_extilat.pdf](http://dio.fi/wp-content/uploads/2014/09/atexkoodit_extilat.pdf)>. Verkkodokumentti. Luettu 7.4.2016.
- 23 Hannonen Jouni. ATEX-laitekoonpanon vaatimukset.  
<[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83085/Hannonen\\_Jouni.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83085/Hannonen_Jouni.pdf?sequence=1)> Verkkodokumentti. Luettu 17.4.201

## Flextop 2211-0002 lämpötilalähettimen ATEX-sertifikaatti

### Translation

(1) **EC-Type Examination Certificate**

- (2) Equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres, **Directive 94/9/EC**

**TÜV NORD**



- (3) **Certificate Number** TÜV 07 ATEX 347151 X

- (4) for the equipment: Temperature Transmitter FlexTop  
type: 2211 and 2221

- (5) of the manufacturer: Baumer A/S

- (6) Address: Jacob Knudsens Vej 14  
DK-8230 Aabyhoej  
Denmark

Order number: 8000347151

Date of issue: 2007-07-03

- (7) This equipment or protective system and any acceptable variation thereto are specified in the schedule to this certificate and the documents therein referred to.
- (8) The TÜV NORD CERT GmbH, notified body No. 0044 in accordance with Article 9 of the Council Directive of the EC of March 23, 1994 (94/9/EC), certifies that this equipment or protective system has been found to comply with the Essential Health and Safety Requirements relating to the design and construction of equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres given in Annex II to the Directive. The examination and test results are recorded in the confidential report No. 07203347151.
- (9) Compliance with the Essential Health and Safety Requirements has been assured by compliance with:  
**EN 60079-0:2006**                      **EN 50020:2002**                      **EN 60079-26:2004**
- (10) If the sign "X" is placed after the certificate number, it indicates that the equipment or protective system is subject to special conditions for safe use specified in the schedule to this certificate.
- (11) This EC-type examination certificate relates only to the design, examination and tests of the specified equipment in accordance to the Directive 94/9/EC. Further requirements of the Directive apply to the manufacturing process and supply of this equipment. These are not covered by this certificate.
- (12) The marking of the equipment or protective system must include the following:

**II 1G Ex ia IIC T5/T6**

TÜV NORD CERT GmbH, Langemarckstraße 20, 45141 Essen, accredited by the central office of the countries for safety engineering (ZLS), Ident. Nr. 0044, legal successor of the TÜV NORD CERT GmbH & Co. KG Ident. Nr. 0032

The head of the certification body

Schwedt

Hanover office, Am TÜV 1, 30519 Hanover, Fon +49 (0)511 986 1455, Fax +49 (0)511 986 1590





(13) **SCHEDULE**

(14) **EC-Type Examination Certificate No. TÜV 07 ATEX 347151 X**

(15) Description of equipment

FlexTop 2211 is a 4...20 mA loop-powered, configurable universal transmitter with galvanic isolation between input and output. The input can be configured for RTD or T/C sensors, resistance or voltage signals. The input terminals are designed for "simple apparatus" sensors. Either 2-, 3-, or 4-wire connection can be selected for the resistance input.

FlexTop 2221 has in addition a HART<sup>®</sup> communication feature for e.g. on-line process calibration and adjustment.

Both types shall be connected through an intrinsically safe barrier module located in safe area. Furthermore the FlexTop units are designed for mounting into a standard metal DIN 43729 "form B" housing.

Type Key

FlexTop 2211 0002 (x)

FlexTop 2221 0002 (x)

Where

x = C: Configured according to customer specifications

Technical data:

Intrinsically safe specifications: (Terminal +1 & -2)

$U_i = 30 \text{ V DC}$

$I_i = 100 \text{ mA}$

$P_i = 750 \text{ mW}$

$C_i \leq 5 \text{ nF}$

$L_i \leq 15 \text{ } \mu\text{H}$

Terminals 3, 4, 5 and 6 are designed for connection to "simple apparatus" sensors such as e.g. Pt100 thermo couplers.

Permitted range of the ambient temperature    Vital rated values:  
**T5:**  $-40 \text{ }^\circ\text{C} < T_{\text{amb.}} < +85 \text{ }^\circ\text{C}$   
**T6:**  $-40 \text{ }^\circ\text{C} < T_{\text{amb.}} < +50 \text{ }^\circ\text{C}$

(16) Test documents are listed in the test report No. 07203347151.

(17) Special conditions for safe use

Special requirements in relation to the "X" marking:

- The unit must be connected through an intrinsically safe barrier module located in safe area.
- The "FlexProgrammer" used for configuring the unit must not be connected to the unit within the hazardous area. The manufactures manual must be followed for programming of the unit.



Schedule EC-Type Examination Certificate No. TÜV 07 ATEX 347151 X

- FlexTop 2211 and 2221 must be mounted in e.g. an  $\varnothing 80$  mm Baumer A/S stainless steel IP 54 housing or a similar standard DIN-B housing.
- Only "simple apparatus" sensors like Pt100 or RTD must be connected to the terminals: 3, 4, 5 and 6.

(18) Essential Health and Safety Requirements

no additional ones

## Räjähdyssuojusrakenteet ja -tasot

Räjähdyssuojaus-taso (EPL)	Räjähdyssuojusrakenne	Tunnus
<b>Ga</b>	Luonnostaan vaaraton	ia
	Massaan valettu	ma
	Kaksi toisistaan riippumatonta suojausrakennetta, jotka täyttävät kumpikin EPL "Gb" vaatimukset:	
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojär-jestelmien suojausrakenne	
<b>Gb</b>	Räjähdyssuorakkeen kestävä kotelointi	d
	Varmennettu rakenne	e
	Luonnostaan vaaraton	ib
	Massaan valettu	m, mb
	Öljytäytteinen	o
	Paineistettu kotelointi	p, px tai py
	Hiekkatäytteinen	
	Luonnostaan vaaraton kenttäväylä (FISCO)	
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne	
<b>Gc</b>	Luonnostaan vaaraton	ic
	Massaan valettu	mc
	Kipinöimätön	n tai nA
	Rajoitetusti hengittävä	nR
	Energiarajoitus	nL
	Kipinöivä laite	nV
	Paineistettu kotelointi	pz
	Kipinöimätön kenttäväylä (FNICO)	
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne	
<b>Da</b>	Luonnostaan vaaraton	iD
	Massaan valettu	mD
	Suojaus koteloinnilla	tD
<b>Db</b>	Luonnostaan vaaraton	iD
	Massaan valettu	mD
	Suojaus koteloinnilla	tD
	Paineistettu kotelointi	pD
<b>Dc</b>	Luonnostaan vaaraton	iD
	Massaan valettu	mD
	Suojaus koteloinnilla	tD
	Paineistettu kotelointi	pD