

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikka

Tutkintotyö

Aarne Salo

## **PUOLUSTUSHALLINNON RÄJÄHDETILOJEN SÄHKÖASENNUKSET**

Työn valvoja  
Työn teettäjä  
Tampere 2007

TkL Pirkko Harsia  
Puolustushallinnon rakennuslaitos, ohjaajana ins. Reijo Vuosalmi

Salo, Aarne	Puolustushallinnon räjähdetilojen sähköasennukset
Tutkintotyö	42 sivua + 4 liitesivua
Työn valvoja	TkL Pirkko Harsia
Työn teettäjä	Ohjaaja ins. Reijo Vuosalmi

## TIIVISTELMÄ

Tässä työssä on keskitytty puolustushallinnon räjähdetilojen sähköasennusten erityisvaatimukseen ja kerätty yhtenäinen aineisto eri lähteistä.

Nykytilanteessa ongelmana on että sähköturvallisuuteen liittyviä vaatimuksia esitetään useissa eri asiakirjoissa, kuten Puolustusministeriön räjähdepäätöksessä (PRP), Puolustusvoimien pysyväisasiakirjoissa (PAK), Sähkötarkastuskeskuksen julkaisussa A6-95, TUKES- ohjeissa ja standardeissa.

Työssä nousi esille erityisesti kaksi asiaa. Ensimmäinen tulisi saada yhtenäinen ohjeistus samoihin kansiin, josta räjähdetilojen sähköasennuksiin liittyvät asiat löytyisivät helposti ja nopeasti. Nyt asiat on ripoteltu eri lähteisiin ja kokonaisuuden hallinta on hankalaa.

Toisena asiana tuli esille koulutuksen tarve, vaikka siihen ei varsinaisesti tässä työssä keskitytty. Sähköturvallisuuden hallinta työn kaikissa vaiheissa vaatii koulutusta. Käytännössä hämmennystä aiheuttaa se että räjähdysvaaralliset tilat voidaan jakaa SFS- käsikirjan 140 mukaisesti vaaraa aiheuttavien aineiden perusteella kolmeen eri ryhmään: palaviin kaasuihin ja nesteisiin, palaviin pölyihin ja räjähdysaineisiin. Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002 edellyttää riittävää koulutusta räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviltä.

## ABSTRACT

Salo, Aarne                      The Electrical Installations in Explosive Material Spaces at the Finnish  
Defense Administration  
Engineering thesis            42 pages + 4 appendices  
Thesis supervisor              Pirkko Harsia (LT)  
Commissioning Company      The Construction Establishment of Defence Administration,  
Local Office of Tampere, Supervisor engineering, Reijo Vuosalmi

The aim of this engineering thesis is to examine the special characteristics of the electrical installations in explosive material spaces at the Finnish Defense Administration.

The problem in present situation is that regulations related to electrical safety is been presented in number of documents like in PRP, permanent of military precepts, TUKES-precepts and standards.

Two key issues arose in this study. First of all, there should be one structured direction of standards where the material related to electrical installation in explosive material spaces can be found easily and quickly. At the moment material is disconnected and controlling is difficult.

Second issue arising in this study was the requirements of education, although this study placed no significant attention for this matter. Education is needed in all stages of managing electrical safety regulations. In practice the confusion is generated, because according to Agreement of SFS 140 standard book, the explosive spaces can be divided in three parts on grounds of danger causing materials: burning gas and liquids, burning dusts and explosive materials. Standard 6002 requires sufficient education for employees working in explosive material spaces.

## ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö sai alkunsa käytännön työssä esille tulleista asioista. Työni alkuvaiheessa rakennuslaitoksessa törmäsin ongelmaan, mistä löytäisin tietoa räjähdetiloihin tehtäviin sähköasennuksiin. Tietoa tuli lähinnä ripottamalla. Usein keskustelut tarkastustilanteissa Pääesikunnan sähkö tarkastajien kanssa selvittivät asioita.

Valvojana työssä on toiminut TkL Pirkko Harsia Tampereen ammattikorkeakoulusta ja ohjaajana Puolustushallinnon rakennuslaitoksesta insinööri Reijo Vuosalmi. Heille esitän parhaimmat kiitokseni työhön liittyvistä neuvoista ja ohjeista. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työni valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä, erityisesti perhettäni, Tampereen toimiston henkilöstöä ja Pääesikunnan teknillisen tarkastusosaston toimialajohtajaa insevl Ilkka Eversyä, jota olen usein vaivannut kysymyksilläni.

Tampereella 20. huhtikuuta 2007

Aarne Salo

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKUSANAT

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 PUOLUSTUSHALLINTO</b>	<b>8</b>
<b>3 SÄHKÖTURVALLISUUDEN VALVONTA</b>	<b>11</b>
3.1 ERIKOISKOHDE	12
3.2 SÄHKÖTURVALLISUUDEN ORGANISOINTI	13
3.3 SÄHKÖN KÄYTÖN JOHTAJA	13
3.4 SÄHKÖTÖIDEN JOHTAJA	14
<b>4 RÄJÄHDETILOJEN TILALUOKAT</b>	<b>14</b>
<b>5 YLEISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET</b>	<b>15</b>
<b>6 YLEISET ASENNUSVAATIMUKSET SÄHKÖASENNUKSILLE</b>	<b>16</b>
<b>7 TARKASTUKSET</b>	<b>18</b>
7.1 MÄÄRÄAJAISTARKASTUS	18
7.2 VARMENNUSTARKASTUS	18
7.3 SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	19
7.3.1 <i>Eristysresistanssimittaus</i>	20
7.3.2 <i>Suoja- ja potentiaalintasausjohtimen jatkuvuusmittaus</i>	21
7.3.3 <i>Vikavirtasuojakytkimen koestus</i>	22
7.3.4 <i>Syötön automaattisen poiskytkennän toteutuminen</i>	23
7.3.5 <i>Varauksia poistavan lattian mittaukset</i>	24
7.3.5.1 <i>Maadoitusresistanssimittaus</i>	25
7.3.5.2 <i>Yhdistelmäresistanssimittaus</i>	26
7.3.5.3 <i>Henkilön varautuminen</i>	26
7.4 VALVONTATARKASTUS	27
<b>8 DOKUMENTOINTI</b>	<b>27</b>
<b>9 JÄRJESTELMÄKOHTAISET OHJEET</b>	<b>28</b>
9.1 MAADOITUS JA POTENTIAALINTASAUUS	28
9.2 YLIJÄNNITESUOJAUS	29
9.3 VIKAVIRTAVALVONTA	30
9.4 UKKOSSUOJAUS	31
9.4.1 <i>Sähköistetty varasto ja tuotantotila</i>	31
9.4.2 <i>Sähköistämätön varasto tai metallipäällysteinen varastosuoja</i>	32
9.4.3 <i>Maapeitteinen varasto</i>	33
9.4.4 <i>Konttisuojat</i>	33
9.5 JOHDOT JA KAAPELIT	33
9.6 KESKUKSET	34
9.7 VALAISIMET	35
9.8 PISTORASIA	35
9.9 SÄHKÖLÄMMITYS	35

9.10 KONEET JA LAITTEET -----	36
9.11 TELEJÄRJESTELMÄT -----	37
9.12 HUOLTO- OHJELMA -----	38
<b>10 TULOKSET -----</b>	<b>39</b>
<b>11 TULOSTEN TARKASTELU -----</b>	<b>39</b>
<b>LÄHTEET -----</b>	<b>40</b>
<b>LIITTEET</b>	
1 Tarkastuslista	
2 Laiteluettelo	
3 Vaatimustenmukaisuusvakuutus	
4 Ukkossuojauksen mittauspöytäkirja	

## LYHENTEET

EEx	Laite täyttää räjähdysuojausstandardin vaatimukset.
ESD	Electrostatic discharge sensitivity
ia	Laitteen rakenne sallii kaksi yhtäaikaista vikaa aiheuttamatta räjähdysvaaraa.
ib	Laitteen rakenne sallii yhden vian aiheuttamatta räjähdysvaaraa
PAK	Puolustusvoimien pysyväisasiakirja
PETEKNTARKOS	Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto
PETURV- OS	Pääesikunnan turvallisuusosasto
PHRAKL	Puolustushallinnon rakennuslaitos
PLM	Puolustusministeriö
PRP	Puolustusministeriön räjähdypäätös; Määräykset puolustusvoimien räjähteiden luokittelusta, pakkaamisesta, merkinnöistä, valmistuksesta, varastoinnista, turvallisuudesta sekä valvonnasta
IIB ja IIC	Räjähdyssryhmä, joka kertoo laitteen olevan tarkoitettu muihin kuin räjähdysvaarallisiin kaivoksiin hyväksyty laite
TURVPAK	Pääesikunnan turvallisuusosaston julkaisema PAK-asiakirja

## 1 JOHDANTO

Puolustushallinnolla on käytössä toimintansa tähden paljon räjähteitä. Tiloja, joissa tarvikkeita käsitellään, kutsutaan räjähdetiloiksi. Ne muodostuvat pääosin varastointi-, käsittely- ja valmistustiloista. Nämä tilat on luokiteltu usein Puolustusvoimien erikoiskohteiksi, joissa tarkastavana viranomaisena toimii Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Räjähdeturvallisuusvaatimuksien vuoksi sähköasennuksiin näissä tiloissa kiinnitetään erityishuomiota.

Räjähdetilat sekoitetaan usein räjähdysvaarallisiin tiloihin, joissa vaaran aiheuttajana ovat palavat nesteet, kaasut ja pölyt. Sähköturvallisuuteen liittyvät vaatimukset näissä tiloissa poikkeavat kuitenkin melko paljon toisistaan.

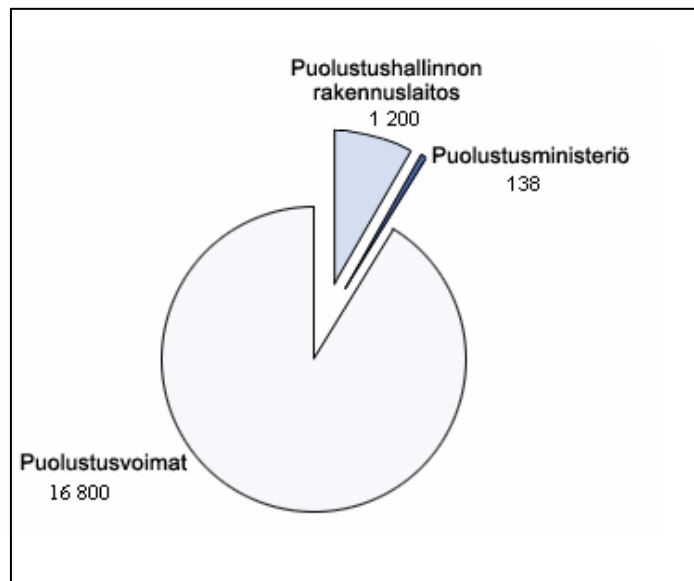
Aineisto räjähdetilojen sähköasennuksista on kerätty useista eri lähteistä, pääasiassa Puolustusministeriön räjähdepäätöksestä, Pääesikunnan teknillisen tarkastusosaston ohjeista, standardeista sekä haastatteluista.

Tämän työn tarkoituksena on ollut kerätä kokoon aineisto erikoiskohteiden räjähdetilojen sähköasennusten erityispiirteistä sekä laatia yksinkertaistettu tarkastuslista (liite 1) erityisesti Puolustushallinnon rakennuslaitoksen sähköalan henkilöstölle, jotka toimivat puolustushallinnon rakennuttamisen asiantuntijoina sekä vastaavat tilojen ylläpidosta. Työssä ei puututa liikuteltaviin eikä tilapäisiin laitteistoihin sekä yleisesti hyväksytyihin hyviin asennustapoihin.

## 2 PUOLUSTUSHALLINTO

Puolustushallinto koostuu puolustusministeriöstä, Puolustusvoimista ja Puolustushallinnon rakennuslaitoksesta. Henkilöstöä on noin 18100 (kuva 1).





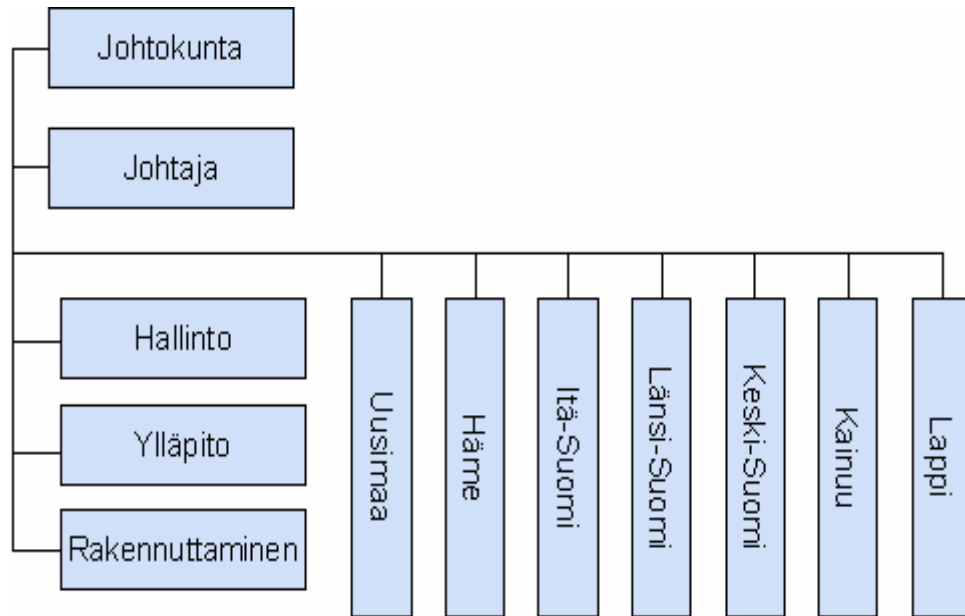
Kuva 1 Puolustushallinnon henkilöstön jakautuminen /32/

Puolustusministeriö ohjaa hallinnonalaan ja vastaa kansallisesta puolustuspolitiikasta ja turvallisuudesta sekä kansainvälisestä toiminnasta puolustusministerin johdolla /32/.

Puolustusvoimien tehtävänä on hoitaa aluevalvontaa, turvata alueellinen koskemattomuus ja itsenäisyyden puolustaminen kaikissa tilanteissa. Puolustusvoimia johtaa puolustusvoimien komentaja /33/.

Puolustushallinnon rakennuslaitos on puolustusministeriön alainen laitos, joka toimii pääesikunnan ohjauksessa ja jonka tehtävänä on tuottaa puolustusvoimien ylläpito- ja rakentamispalvelut rauhan aikana sekä poikkeusoloissa rakennuslaitoksesta annetun lain 1360/93 2§ sekä asetuksen 216/94 mukaisesti /10/.

Rakennuslaitoksen organisaatio koostuu keskusyksiköstä sekä seitsemästä aluetuomistosta (kuva 2), joita ohjaa johtokunta ja johtaa laitoksen johtaja. Alueet on jaettu paikallistuomistoihin tai palvelupisteisiin. Aluejohtajat johtavat alueita ja paikallis-päälliköt paikallistuomistoja aluejohtajan alaisuudessa.



Kuva 2 Puolustushallinnon rakennuslaitoksen organisaatio /28/

Vuoden 2002 valtion kiinteistöuudistuksessa puolustuskiinteistöt siirrettiin puolustusministeriöltä Senaatti-kiinteistöille, IP-kiinteistöille, Metsähallitukselle sekä Tielaitokselle. Puolustuskiinteistöjen hallinnointi jäi PHRAKL:lle. Hallittavia kiinteistöjä on lähes 8 000 ja liikevaihto 124,6M€ (taulukko 1).

Taulukko 1 Rakennuslaitoksen tunnuslukuja /29/

Tunnuslukuja	2005
Liikevaihto, M€	124,6
Ylläpidettävä huoneistoala (m <sup>2</sup> )	3 390 000
Ylläpidettävä rakennustilavuus (rm <sup>3</sup> )	16 500 000
Lämmitetty rakennustilavuus (rm <sup>3</sup> L)	10 300 000

### 3 SÄHKÖTURVALLISUUDEN VALVONTA

Sähköturvallisuus on ohjeistettu puolustushallinnossa PLM:n ohjeella nro 82 ja Pääesikunnan teknillisen tarkastusosaston PAK-asiakirjoilla (kuva 3).

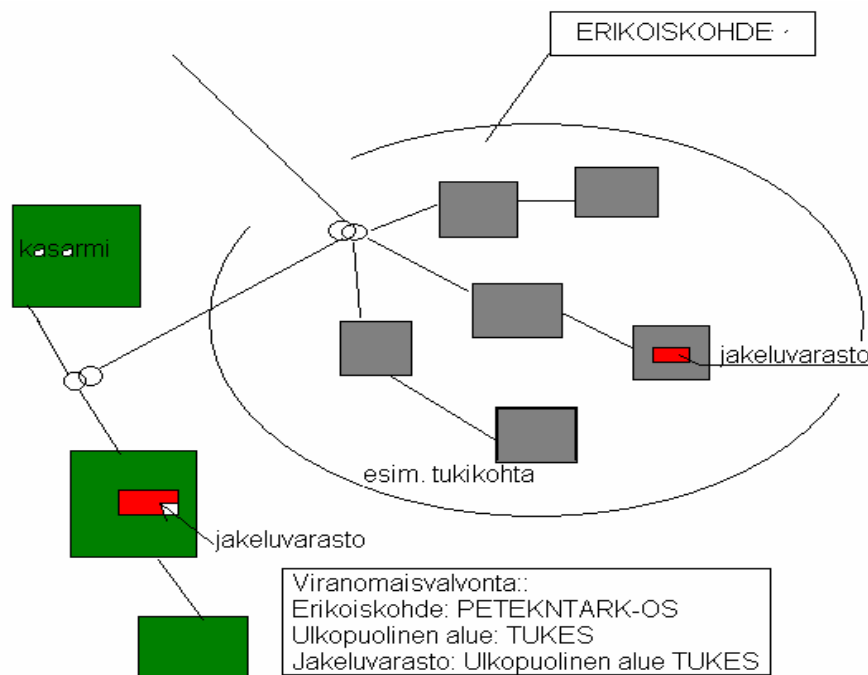
” Puolustusministeriö vastaa sähköturvallisuusasetuksen 498/96 17§ mukaisesti maanpuolustuksen kannalta salassa pidettävien kohteiden sähköturvallisuuden valvonnasta” /10/.



Kuva 3 Sähköturvallisuusohjeistus puolustushallinnossa /30/.

Käytännössä PLM on siirtänyt vastuun PETEKNTARKOS:lle, joka vastaa sähköturvallisuuden valvonnasta sekä varmennus- että määräaikaistarkastuksista. Tarkastusosastolla on omat sähkötarkastajat, mutta se voi valtuuttaa hyväksymänsä tarkastuslaitoksen suorittamaan tarkastuksia puolestansa. Tarkastusosasto ylläpitää luetteloa hyväksymistään tarkastajista.

Muissa puolustusvoimien kohteissa kuin erikoiskohteet viranomaisvalvontaa suorittaa Turvatekniikan keskus (kuva 4) ja sen valtuuttamat tarkastajat.



Kuva 4 Periaatepiirros tarkastusviranomaisten tehtävärajoista

### 3.1 Erikoiskohde

Erikoiskohde on maanpuolustuksen kannalta salassa pidettävä kohde. Erikoiskohteen määrittelyn perusteena on PETURV-OS:n tilaturvallisuusvyöhykkeisiin perustuvat määrittelyt. Erikoiskohde muodostuu turvallisuusvyöhykkeistä 1, 2 tai 3. Erikoiskohteen sähkölaitteisto saattaa ulottua myös turvallisuusvyöhykkeille 4 ja 5.

Joukko-osastot määrittelevät alueidensa turvallisuusvyöhykkeet Pääesikunnan turvallisuusosaston PAK-asiakirjan perusteella /9/.

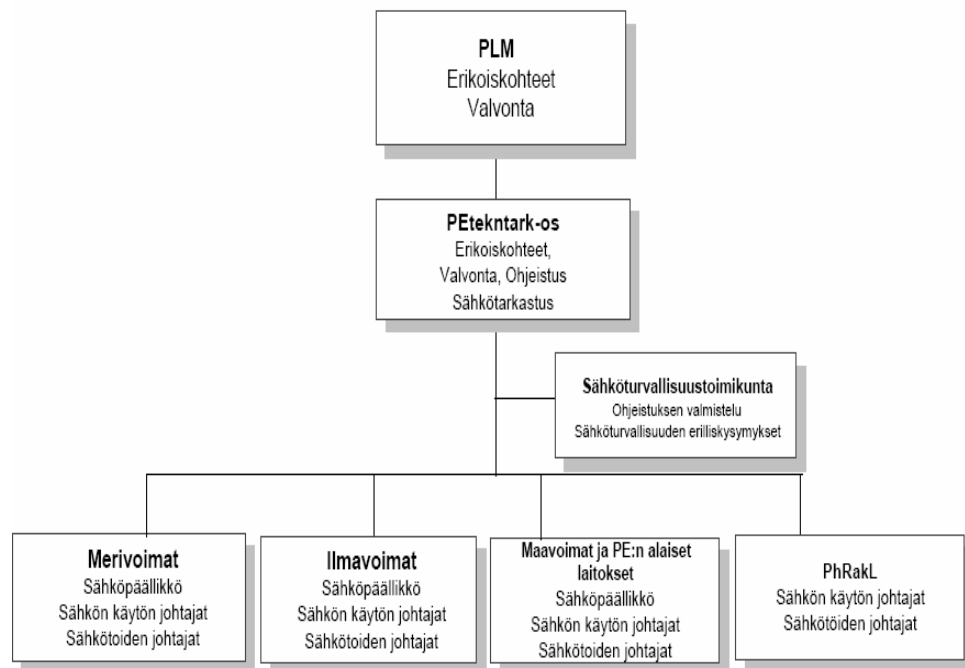
Perusteet erikoiskohdemäärittelylle annetaan seuraavissa asiakirjoissa:

- PLM:n määräys nro 85 27.8.1998
- PETURV-OS:n TURVPAK 5:3
- Puolustusministeriön räjähdepäätös (PRP) 28.11.1996 1§ (sivu 10)

Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto pitää yllä luetteloa erikoiskohteiden sähkölaitteistoista.

### 3.2 Sähköturvallisuuden organisointi

Puolustushallinnossa sähköturvallisuuteen liittyvää ohjeistusta tekee PETEKTARKOS (kuva 5). Osasto julkaisee sähköturvallisuuteen liittyviä PAK- asiakirjoja sekä neuvoo erityiskysymyksissä.



Kuva 5 Sähköturvallisuusorganisointi puolustushallinnossa /31/

### 3.3 Sähkön käytön johtaja

Sähkön käytön johtajan tehtävät on määritelty KTM:n päätöksissä (516/ 1996, 1149/ 1999, 28/ 2003, 1253/ 2003 1§). Tämän lisäksi PETEKTARKOS on ohjeistanut sähkön käytön johtajan tehtäviä.

”Räjähdeilojen sähköasennusten määräystenmukaisuudesta vastaavat nimetyt sähkön käytön johtajat. Käytön johtajana voi toimia puolustusvoimien tai Puolustushallinnon rakennuslaitoksen henkilö”. /10/

” Sähkön käytön johtaja vastaa, että käytössä olevat sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuksäädösten mukaisia ja että niistä on tehty tarvittavat ilmoitukset” /11/.

”Sähkön käytön johtaja ohjaa ja valvoo, että menettelyt hankinnan, käyttöönoton, rakentamisen ja korjauksen osalta tuottavat sähköturvallisuuksäädösten mukaisia sähkölaitteita ja -laitteistoja” /11/ .

### **3.4 Sähkötöiden johtaja**

Sähkötöitä tekevällä organisaatiolla tai toiminnan harjoittajalla on oltava palveluksessaan riittävän sähköpätevyyden omaava henkilö.

Hänen tulee huolehtia siitä, että työntekijät ovat riittävän ammattitaitoisia ja opastettuja töihinsä, sekä noudattavat voimassa olevia turvallisuusäädöksiä.

Sähkötöiden johtaja valvoo, että rakennukset, korjatut ja huolletut sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuksäädösten edellyttämässä kunnossa ennen niiden käyttöönottoa.

## **4 RÄJÄHDETILOJEN TILALUOKAT**

Tilat joissa viranomaisten luvalla valmistetaan, käsitellään tai varastoidaan räjähteitä, jaetaan A- ja B-luokkan tiloihin.

” A-luokan tila on huone, sen osa tai muu rajoitettu tila, jossa räjähdystarvikkeen valmistus, käsittely tai varastointi voi aiheuttaa räjähdystarvikkeen pölyämisestä tai haihtumisesta johtuvan räjähdysvaaran”. Erityisen vaarallisia aineita ovat mm. aloiteräjähteet, mustaruuti ja paukkumassat. /19/

” B-luokan tila on huone, sen osa tai muu rajoitettu tila, jossa, valmistetaan, käsitellään tai varastoidaan sellaisia tai siten pakattuja räjähdystarvikkeita, ettei niiden pölyämisestä tai haihtumisesta aiheudu välitöntä räjähdysvaaraa”. Tilassa käsitellään yleensä tiiviissä ja kestävässä pakkauksessa olevia räjähteitä. /19/

Tilaluokituksen tekee aina käyttäjä ja hyväksyytään ne PETEKNTARKOS:lla.

## 5 YLEISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET

Asiattomien pääsy tiloihin tulee estää ja tilat tulee merkitä selvästi (kuva 6).



Kuva 6 Räjähdetilan varoitusmerkki /34/

Perusajatuksena räjähdetilojen sähköasennuksille on, että tiloihin asennetaan vain käytön kannalta välttämättömät laitteet /19/.

Sähköasennustöistä on tehtävä ilmoitus Pääesikunnan tekniselle tarkastusosastolle silloin, kun työ edellyttää varmennustarkastusta.

Asennusten tekeminen käytössä oleviin tiloihin vaatii aina luvan ja opastuksen, jotta välttyttäisiin vaaran aiheuttamiselta. Luvan myöntää räjähteiden käytöstä vastaava henkilö. Periaatteena on, että tilat tehdään vaarattomiksi ennen sähköasennusten aloittamista /18/.

Räjähteiden käytöstä vastaavan henkilön sekä sähkön käytön johtajan luvalla ja vastuulla voidaan sallia jokin muukin järjestely sähköasennustöissä. Töistä tulee tällöin laatia työtapeseloste, jossa kartoitetaan mahdolliset riskit työn aikana. Selosteessa tulee mainita myös työvälineet, jolloin voidaan todeta niiden käytön soveltuvuus tiloissa.

Työvälineiltä vaaditaan samoja ominaisuuksia kuin sähköasennuksilta. Näitä ovat vähintään vaadittu kotelointiluokka, kipinöimättömyys, suurin sallittu pintalämpötila. Akkukäyttöisten laitteiden käyttö on kielletty, mikäli em. asiat eivät täyty.

Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto antaa tarvittaessa turvallisuusohjeet.

## **6 YLEISET ASENNUSVAATIMUKSET SÄHKÖASENNUKSILLE**

Sähköasennuksissa tulee käyttää TN- S-järjestelmää /14/. Tämä vaatimus tulee täyttyä myös UPS- ja varavoimakäytöissä.

Varastosuojan muut kuin turva- ja valvontajohdot on kytkettävä jännitteettömiksi, silloin kuin sähköä ei suojassa tarvita. Tämä jännitteettömyys osoitetaan suojan ulkopuolella olevalla merkkilampulla tai selvällä kytkimellä./2/

Turvajärjestelmien kaapelointeja ei saa asentaa A- ja B-luokan räjähdetilojen läpi kulkeviksi.



Sähkölaitteen suurin sallittu pintalämpötila saa olla enintään 2/3 käsiteltävän tai varastoitavan aineen huuhduslämpötilasta /16/. Korkeimmat pintalämpötilaluokat merkitään tuotteisiin T1- T6-tunnuksin (taulukko 2).

Taulukko 2 Sähkölaitteiden lämpötilaluokat /19/

<b>Lämpötilaluokka</b>	<b>Korkein pintalämpötila (°C)</b>
<b>T1</b>	<b>450</b>
<b>T2</b>	<b>300</b>
<b>T3</b>	<b>200</b>
<b>T4</b>	<b>135</b>
<b>T5</b>	<b>100</b>
<b>T6</b>	<b>85</b>

A-luokan tilassa sähkölaitteiden koteloituokkavaatimus on vähintään IP 54. Lisäksi laitteiden on oltava mekaanisesti lujia teollisuuskäyttöön tarkoitettuja ja niissä suositellaan käytettäväksi parempaa kuin IP 54 -koteloituokkaa. Mekaanisella lujalla rakenteella tarkoitetaan yleensä metallirakennetta./19/

B-luokan tilassa sähkölaitteiden koteloituokkavaatimus on vähintään IP 54 /19/.

Exi-piiristä käytetään nimitystä luonnostaan vaaraton piiri. Niitä käytetään yleensä paloilmatisimien ja mittausantureiden yhteydessä, joissa IP 54 -koteloituokkaa ei voida saavuttaa.

Poikkeukset:

A-luokan kuivassa tilassa sallitaan Exi-piirissä IP 20 -koteloituokkaa oleva laite, kun sen räjähdysuojusrakenne täyttää vähintään EEx ia IIB T5 -vaatimukset /4/.

B-luokan kuivassa tilassa sallitaan EEx ib IIB tai IIC T5 tai parempi, vaatimukset täyttävä rakenne /4/.

Exi-piiri tulee suunnitella ottaen huomioon käytetyn räjähdysaineen minimisyttymisenergia, joka on IIB-ryhmässä 60  $\mu$ J /4/.

B-luokassa oikosulkumoottori saa olla kotelointiluokaltaan IP 44, jos sen liitántärasia on vähintään IP 54 -kotelointiluokkaa /19/.

Laboratoriotiloissa, joissa käsitellään pieniä määriä räjähdysaineita, voidaan käyttää IP 20 -kotelointiluokan sähkölaitteita /16/.

## **7 TARKASTUKSET**

Räjähdetilaan asennettaville koneille ja laitteille on aina ennen hankintaa pyydettävä lausunto Pääesikunnan teknilliseltä tarkastusosastolta sekä tarkastettava ennen käyttöönottoa /15/.

### **7.1 Määräaikaistarkastus**

Erikoiskohteiden räjähdetilojen sähköasennukset kuuluvat sähkölaitteistoluokkaan 3. Määräaikaistarkastukset suoritetaan 5 vuoden välein /8/.

Jakeluvaraston määräaikaistarkastus suoritetaan 10 vuoden välein /13/.

### **7.2 Varmennustarkastus**

Puolustusministeriö on antanut tulkinnan varmennustarkastuksen suorittamisesta erikoiskohteissa joissa kyse on sähkölaitteiston muutostöistä. Tarkastus tulee suorittaa enintään 1000 V:n laitteistolle, mikäli ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluarvo

on yli 35 A, vaikka sähkölaitteistolle on määrätty käyttö- ja huoltotöiden johtaja /3/.

Varmennustarkastuksen erikoiskohteessa suorittaa PETEKNTARKOS tai tarkastusosaston valtuuttama tarkastuslaitos. Tarkastus tilataan aina Pääesikunnan tekniseltä tarkastusosastolta. Tarkastuspyynnössä tulee maininta, koskeeko pyyntö myös paloilmoitin- tai palovaroitinjärjestelmää. /22/

Räjähdetilaan asennettavalle paloilmoitinjärjestelmälle tehdään ennen varmennustarkastusta paloilmoitinliikkeen suorittama käyttöönottotarkastus. Varmennustarkastuksen osalta käytännössä on hyväksi menettelytavaksi muodostunut se, että paloilmoitinjärjestelmän varmennustarkastus tilataan PETEKNTARKOS:n hyväksymiltä tarkastuslaitoksilta tarkastusosaston resurssipulan vuoksi. /22/

Palovaroitinjärjestelmän käyttöönottotarkastus suoritetaan urakoitsijan toimesta laitetoimittajan ja tarkastusosaston ohjeiden mukaisesti.

Varmennustarkastusta ei edellytetä pistorasia ja valaisinmuutostöille, jos niitä on jo aiemmin tilassa ollut. Nämä muutostyöt tarkastetaan seuraavan määräaikaistarkastuksen yhteydessä.

### **7.3 Sähköasennusten käyttöönottotarkastus**

Sähköasennusten käyttöönottotarkastus on tehtävä aina ja mittaustulokset kirjattava /6/.

Ennen tarkastusmittausten suorittamista laaditaan tarkastussuunnitelma. Suunnitelmalla varmistetaan mittausten suorittaminen työn etenemisen kannalta oikea aikaisesti.

Silmämääräisessä tarkastuksessa katsotaan, että laitteisto täyttää yleiset turvallisuusvaatimukset kuten asennustavat, kotelointiluokat, kosketussuojaukset, tilaluokitukset ja laaditut oikosulkuvirtalaskelmat.

Mittaukset suoritetaan standardin SFS 6000-6-61 mukaisesti sähkötyöturvallisuusstandardia SFS 6002 noudattaen.

Turvallinen työskentelytapa edellyttää standardien mukaisia mitta- ja suojavälineitä sekä mittausohjeita. Näitä välineitä ovat jännitetöissä käytettävät suojavälineet kuten kasvosuojuksella varustettu suojakypärä, jännitetyökäsineet ja suojavaatetus.

Tarkastettavan kohteen tiedot tulee kirjata yksiselitteisen tarkasti. Tarkastuspöytäkirjassa tulee olla maininta standardeista, joiden mukaan laitteisto on rakennettu, ja siitä onko standardien edellyttämä turvallisuustaso saavutettu.

Ennen mittauksia tarkastetaan mittalaitteiden kalibrointi. Viimeisin kalibrointipäivä tulee olla merkitty mittalaitteeseen. Kalibrointi tulee suorittaa vähintään kahden vuoden välein. Puolustushallinnolle kalibrointeja suorittaa Elektroniikkalaitos, joka sijaitsee Riihimäellä.

### **7.3.1 Eristysresistanssimittaus**

Mittaukset suoritetaan sähkölaitteiston ollessa jännitteetön vaadituilla mittausjännitteillä (taulukko 3).

Räjähde-tilassa nolla- ja suojajohtimen eristysresistanssi on mitattava ennen käyttöönottoa /19/.

Hyvä tapa suorittaa eristysresistanssimittaukset on se, että kaikki ryhmäjohdot ja keskus mitata erikseen /36/. Suorittaessa mittaukset ryhmäjohtojen lähtöliittimistä kontaktorit ja releet eivät ole esteenä oikean mittaustuloksen saamiselle.

Valmistajien ohjeet tulee huomioida erityisesti SELV- ja PELV-järjestelmien sekä virtapiireissä olevien elektroniikkalaitteiden eristysresistanssimittauksissa.

Taulukko 3 Eristysresistanssin mittausarvot

<b>Virtapiirin nimellis- jännite V</b>	<b>Koejännite VDC</b>	<b>Eristysresistanssi vähintään MΩ</b>
SELV- ja PELV- piirit	250	0,25
Muut piirit enintään 500V	500	0,5

Käytettäessä Exi-piirissä suojattua kaapelia tulee eristysresistanssi mitata myös kaapelin suojavaipan ja potentiaaliskon välillä /19/ .

### 7.3.2 Suoja- ja potentiaalintasausjohtimen jatkuvuusmittaus

Mittaukset suoritetaan laitteiston ollessa jännitteetön. Ennen mittauksen aloittamista mittalaite tulee kalibroida mittajohdoinen mittausvirheen poistamiseksi.

Jatkuvuusmittaus tulee tehdä standardin mukaisesti mittalaitteella, jonka mittausjännite on 4-24 V ja virta 0,2 A. Ensiasennuksen mittauksena suositellaan käytettäväksi 10 A:n mittausvirtaa vähintään 5 sekunnin ajan, jolloin mahdolliset epäjatkuvuuskohdat saadaan paremmin selville.

Potentiaalintasausjohtimien mittauspisteet tulee merkitä selkeästi (kuva 8) ja mittaustulokset kirjata mittauspöytäkirjaan. Seurantamittaukset suositellaan tehtäväksi samoista pisteistä kolmen vuoden välein.



Kuva 8 Potentiaalintasausmittauspisteiden merkintä eri laitteissa.

Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus tulisi tehdä kaikista sähkö- ja telekaapeleiden kytkentäpisteistä, vähintään kuitenkin ryhmän kauimmaisesta pisteestä.

Koneille suojamaadoituspiirin jatkuvuusmittaus todennetaan standardin SFS 60204-1 mukaisesti käyttämällä 10 A:n mittausvirtaa.

Ilmavoimat ovat ohjeistaneet omissa sähkövoimaohjeissaan, että erikoiskoh-teissa potentiaalintasausmittauksessa käytetään 10 A:n mittausvirtaa.

### 7.3.3 Vikavirtasuojajytkimen koestus

Koestus suoritetaan laitteiston ollessa jännitteinen ja suoritetaan nousevalla vikavirralla.

Tarkastuspöytäkirjaan tulee kirjata vikavirtasuojajytkimen ryhmätunnus, tyyppi ja nimellisarvot. Mittaustuloksista kirjataan laukaisuvirta ja- aika.

### 7.3.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toteutuminen

Mittaukset suoritetaan laitteiston ollessa jännitteinen.

Suojauksen toimivuus keskusten välisistä johdoista on todettava laskelmilla ja muista räjähdetilaa syöttävistä ryhmäjohtojen sulakelähdöistä laskelmilla tai mittauksilla. Ryhmäjohdossa mittaus suoritetaan pisimmästä ja pienimmän poikkipinnan omaavasta ryhmästä.

Suojauksen toimivuus on lisäksi tarkastettava laskelmin varavoima- ja UPS-käytössä. Tarkat arvot saadaan valmistajalta. Laitteille on annettu myös likimääräisiä arvoja (taulukko 4).

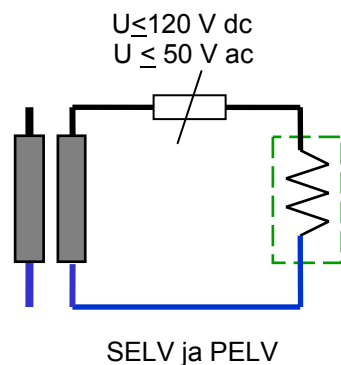
Taulukko 4 UPS-laitteiden  $I_k$ -arvoja /12/

UPS- teholähteen nimellisteho (kW)	Nimellisvirta (A)	Oikosulkuvirta (A)
6	11	49
8	15	49
12	22	117
16	29	117
20	36	117
24	44	195
32	58	195
40	72	285
50	87	285

Varavoimakäytössä laitetoimittajat antavat tarvittavat lähtötiedot. Käytäntö on osoittanut, että vanhemmissa ja suurissa varavoimalla varmennetuissa sähköverkoissa suojauksen toimivuus on ongelma. Varavoimakoneet on monasti hankittu kymmeniä vuosia sitten ja sähköverkostojen laajentuessa varavoimakoneiden uusimisiin ei ole suunnattu riittäviä varoja. Näissä tapauksissa tarkastelussa on huomioitava muiden turvallisuuden liittyvien järjestelmien toimita. Varavoima

käyttö on kuitenkin poikkeuksellinen järjestely ja vikavirtasuojauksella saadaan aikaan tarvittava henkilösuojaus.

Räjähdetiloissa esiintyvien telejärjestelmien suojaus voidaan toteuttaa myös sulakesuojauksella (kuva 9). Näitä suojuuksia saattaa esiintyä esimerkiksi rikosilmoitusjärjestelmissä. Näiden ja vastaavien järjestelmien suojaukset tulee esittää laskelmin.

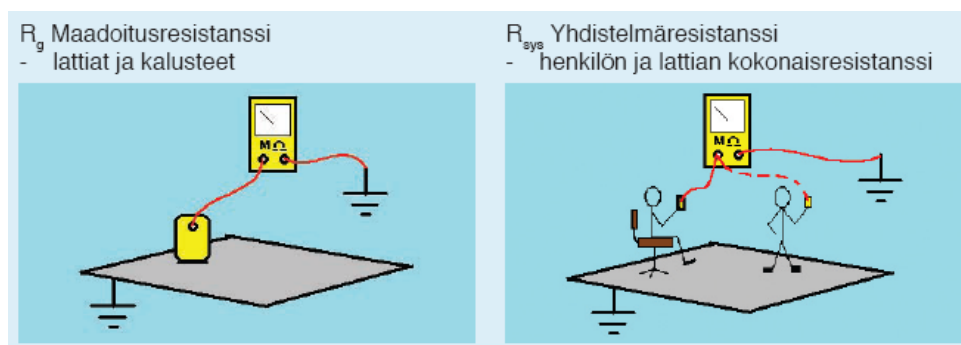


Kuva 9 Telejärjestelmän sulakesuojaus

### 7.3.5 Varauksia poistavan lattian mittaukset

Räjähdetilat suositellaan varustettavaksi varauksia poistavalla lattialla aina, jos staattinen sähkö aiheuttaa vaaraa. Käytännössä puhutaan ESD-lattioista. Mittausohjeita on esitetty standardissa 61340 kohdissa 5-1, 5-2 ja 4-1.

ESD- lattialle tulee suorittaa maadoitus- ja yhdistelmäresistanssimittaukset (kuva 10), sekä henkilön varautumismittaus./23/



Kuva 10 Periaatekuvat lattiamittauksista /27/



Mittausvaatimuksille saatetaan asettaa tarkastusosaston toimesta tiukemmat vaatimukset. Tämä tulee selvittää aina tapauskohtaisesti. Henkilön varautumismittaus suoritetaan yleensä puolustusvoimien toimesta. /23/

Lattia on käsiteltävä valmistajan ohjeiden mukaisesti ennen käyttöönottomittauksia. Lattia tulee huoltaa ja pitää puhtaana valmistajan ilmoittamin menetelmin. Lattioiden kuntoa tulee tarkastella mittauksin kahden vuoden välein /7/ .

Mittalaitteet tulee olla kalibroitu ennen mittausta. Mittaustulosten tulee täyttää standardin mukaiset vaatimukset (taulukko 5).

Taulukko 5 ESD-lattian standardin mukaiset mittausarvot

Mittaus	Vaadittu mittaustulos/ $\Omega$
Maadoitusresistanssi	0 $\Omega$ - 1 G $\Omega$
Yhdistelmäresistanssi	750k $\Omega$ - 35M $\Omega$
Henkilön varautuminen	$\pm$ 100V

Mittaustulokset tulee kirjata mittauspöytäkirjaan siten, että mittaukset voidaan suorittaa kahden vuoden välein samoista paikoista.

### 7.5.3.1 Maadoitusresistanssimittaus

Mittaus suoritetaan lattian maadoituspisteen ja mittapunnuksen väliltä.

Mittalaitteen tyhjäkäyntijännite tulee olla  $< 1\text{M}\Omega$  resistanssilla  $10\text{V} \pm 0,5\text{V}$  ja  $1\text{M}\Omega$ -  $1\text{G}\Omega$  resistanssilla  $100\text{V} \pm 5\text{V}$ . Mittalaitteen tarkkuus tulee olla  $\pm 10\%$  kalibroidusta referenssivastuksesta. Referenssivastuksen tulee olla  $1\text{M}\Omega$ -  $1\text{G}\Omega$ . Mittausanturina käytetään 2,5 tpainoisia punnusantureita. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ESD:n mukaista 2,27 kg painoista punnusanturia.

Antureiden kontaktipinnat tulee puhdistaa ennen mittauksia valmistajan ohjeen mukaisesti.

Mittauksia suoritetaan vähintään yksi mittaus/ 20 m<sup>2</sup>, kuitenkin siten, että eri mattovuodat tulee mitattua /7/.

Uuden lattian maadoitusresistanssi puolustushallinnon lattioissa saa olla enintään 100MΩ /23/.

#### **7.3.5.2 Yhdistelmäresistanssimittaus**

Mittaus suoritetaan lattian maadoituspisteen ja henkilön kädessä pidettävän johtavan metallierion väliltä. Henkilön tulee käyttää mittauksessa työskentelyjalkineita.

Mittalaitteen tyhjäkäyntijännite tulee olla < 1MΩ resistanssilla 10V ± 0,5V ja 1MΩ- 1GΩ resistanssilla 100V ± 5V. Mittalaitteen tarkkuus tulee olla ± 10 % kalibroidusta referenssivastuksesta. Referenssivastuksen tulee olla 1MΩ- 1GΩ. Mittanturina käytetään esimerkiksi kädessä pidettävää teräslieriötä.

#### **7.3.5.3 Henkilön varautuminen**

Mittaus suoritetaan kävelytestinä käyttäen varausanalysointia, joka mittaa positiivisia tai negatiivisia varauksia. Henkilö pitää kädessään johtavaa metalliosaa tai ranneketta sekä työssään käytettäviä työvaateita. Muutaman nopean edestakaisen askeleen jälkeen saadaan mittaustulos.

Mittaustuloksen ollessa suurempi kuin ± 10V tulee lattialle tehdä tarkempi selvitys sen toimivuudesta /23/.

#### 7.4 Valvontatarkastus

PETEKNTARKOS suorittaa tuotantolaitoksiin ja varastointiin liittyviä valvontatarkastuksia vähintään kerran kahdessa vuodessa /2/. Valvontatarkastuksilla täydennetään määräaikaistarkastusten välillä tehtyjen sähköasennusten säädöstenmukaisuutta.

### 8 DOKUMENTOINTI

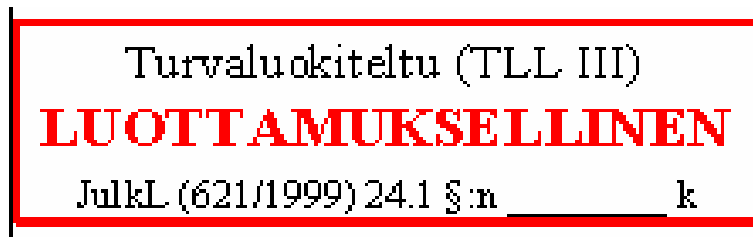
Räjähdetilojen sähköasennuksista vaaditaan käyttöä ja huoltoa varten tarvittavat piirustukset ja asiakirjat. Hyvä tapa on kerätä tämä aineisto yhdeksi asiakirjakokoukseksi, joka sisältää

- tilaluokituspiirustukset, joissa esitetään luokalliset tilat ja mainitaan tilaluokat
- asemapiirros maassa olevista maadoituksista ja maakaapeleista
- kaaviot potentiaalintasaus- ja maadoitusjärjestelmästä, josta selviää koko järjestelmän rakenne sekä mittaustulokset
- laiteluettelo räjähdetilaan asennetuista sähkölaitteista (liite 2) sekä valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutukset (liite 3)

Laiteluettelosta tulee selvittää laitteen tyyppi kotelointiluokka, nimellisvirta ja -jännite ja mahdollinen räjähdysuojaurakenne. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta tulee ilmetä standardit, joiden mukaan laite on valmistettu.

Turvaluokiteltujen I- IV-luokan piirustusten käsittely on ohjeistettu Pääesikunnan turvallisuusosaston julkaisemassa PAK-asiakirjassa 5:2. Sähköpiirustusten piirtäminen ja kopiointi tulee hoitaa Puolustusvoimien hyväksymässä turva-auditoidussa yrityksessä. Auditoinnilla on varmistettu yrityksen tekninen ja rakenteellinen turvallisuus.

A- ja B-luokan räjähdetilojen sähköpiirustukset leimataan pääosin turvaluokkaan IV. Erikoiskohde määrittelyn perusteella voidaan käyttää myös tiukempaa turvaluokittelua (kuva 5).



Kuva 5. Piirustuksissa käytetty turvaluokitusmerkintä

Senaatti-kiinteistöt on ohjeistanut omistamissaan kiinteistöissä cad-piirustusten, teksti- ja taulukkotiedostojen sekä tietokantojen sisällön tekniset muotoseikat. Tämä ohje löytyy Senaatti-kiinteistöjen Internet- kotisivuilta /35/.

Piirustusten kopioinnissa tulee käyttää kulloinkin hyväksytyjä sopimuslaitoksia. Arkistoinnista vastaa PHRAKL.

## 9 JÄRJESTELMÄKOHTAISET OHJEET

Järjestelmäkohtaisissa ohjeissa käydään läpi räjähdetilojen sähköjärjestelmien erityispiirteitä.

### 9.1 Maadoitus ja potentiaalintasaus

Yhtenäisten metalliosien potentiaalintasauksella pyritään poistamaan staattisen sähköön aiheuttama räjähdysvaara. Räjähdeaineen syttymisenergioita on tutkittu Puolustusvoimien teknillisessä tutkimuskeskuksessa, jonka mukaan 60  $\mu$ J:n energia riittää räjähdysen aiheuttajaksi /24/. Tästä syystä potentiaalintasaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Räjähdetiloissa kaikki yhtenäiset metalliosat tulee yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään. Hitsatut, niitatut ja pulttiliitokset katsotaan riittävän johtavaksi. Mikäli metallirakenteiden liitokset eivät ole selvästi nähtävissä, tulee niiden yhdistämistä varten olla erillinen piirustus tai selvitys.

Johtavat putkistot, joissa saattaa olla eristäviä laippaliitoksia, tiivisteitä tai muuten huonosti sähköä johtavia osia, tulee ohikytkeä. Muuten putkistot on erikseen yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään. Potentiaalintasausjohtimena tulee käyttää keltavihreäraidallista kuparikaapelia, jonka poikkipinta on vähintään  $10\text{mm}^2$ . /16/

## 9.2 Ylijännitesuojaus

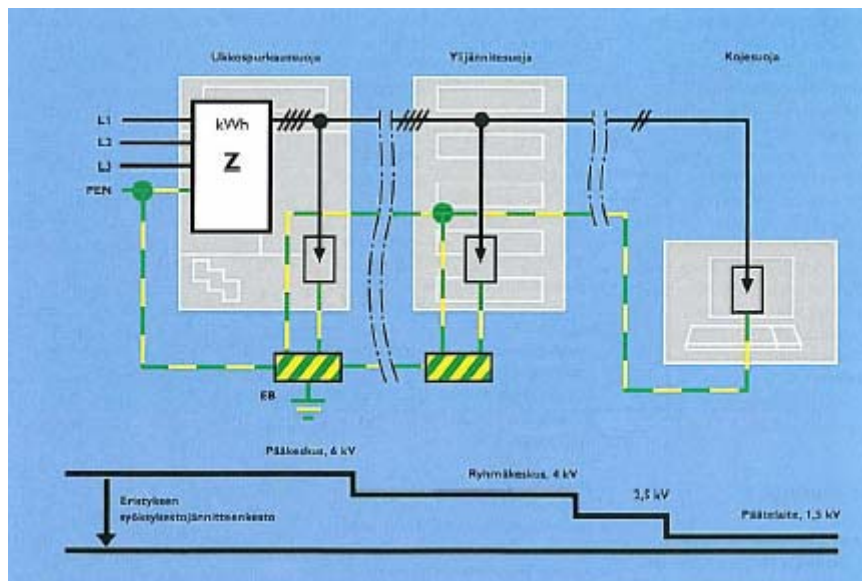
” Rakennukset joissa käsitellään ja varastoidaan räjähteitä on suojattava salaman aiheuttamaa vaaraa vastaan” /2/. Suojaus voidaan toteuttaa sisäisellä tai ulkopuolisella ukkossuojauksella.

Ulkopuolista ukkossuojausta käsitellään luvussa 9.4.

Sisäinen suojaus voidaan toteuttaa potentiaalintasauksella, jota on käsitelty luvussa 9.1, sekä salamavirtaa rajoittavilla ylijännitesuojauksella. Salamavirtaa rajoittava suojaus tulee toteuttaa niin sähkö- kuin telejärjestelmille.

Markkinoilla on useita tuotteita sähköjärjestelmien suojaukseen. Yleisimpiä ovat OBO Betterman, Dehn ja Phönix.

Suojaus jaetaan yleensä kolmeen vyöhykkeeseen. Ensimmäinen vyöhyke suojaa suoralta salamaniskulta ja sähkömagneettinen kenttä vaikuttaa tällä vyöhykkeellä vaimentumattomana. Toinen vyöhyke ei ole enää alttiina suoralle salamaniskulle, mutta sähkömagneettinen kenttä vaikuttaa vyöhykkeellä vaimentumattomana. Kolmas vyöhyke ei ole alttiina suoralle salamaniskulle ja sähkömagneettinen kenttä on jo vaimentunut (kuva 12). /25/



Kuva 12 Periaatekuva kolmen vyöhykkeen suojauksesta /1/

Paras suojaustaso saavutetaan käyttämällä saman valmistajan laitteita ja ohjeita.

Telejärjestelmien suojauksessa ylijännitesuojien oikea valinta saattaa muodostua ongelmaksi, koska järjestelmän toimittajat eivät ole useinkaan valmistaneet järjestelmäkohtaisia suojia. Määrityksiä joudutaan tekemään toimittajilta saatujen sähköisten ominaisuuksien perusteella. Tästä syystä suojauksen toimivuuteen tulee kiinnittää hankita vaiheessa erityishuomio.

### 9.3 Vikavirtavalvonta

Nolla- ja suojajohtimen erillään pysymistä on valvottava jatkuvalla vikavirtavonnalla.

Vikavirtavalvonta voidaan toteuttaa käyttämällä hälyttävää vikavirtavonnarelettä tai vikavirtasuojakytкимиä. Vikavirtasuojakytкимиet tulee olla A-tyyppiä, jolloin suojaus toimii vaihtovirralla ja pulssimaisella tasavirralla. Vikavirtasuojien testaus suositellaan tehtäväksi vähintään kerran vuodessa.

## 9.4 Ukkossuojaus

Räjähdetilojen ukkossuojaus on säädetty kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä (130/1980, 483/1982) 78§. Näitä tiloja ovat tuotantotilat, joissa käsitellään vähintään 50 kg räjähteitä sekä varastotilat, joissa on yli 500 kg vaarallisuusluokkien 1.1- 1.3 räjähteitä. Vaarallisuusluokat on esitetty Puolustusministeriön räjähdetilojen päätöksen 4§:ssä.

Turvatekniikan keskus on julkaissut TUKES-oppaan räjähdetilojen ukkossuojauksesta huhtikuussa 2003, johon on koottu keskeisimmät vaatimukset.

Ukkosjohtimena tulee käyttää vähintään 35 mm<sup>2</sup> kupariköyhtä tai 50 mm<sup>2</sup> teräsköyhtä. Teräsköyden sinkityksen tulee olla vähintään 60 µm vahva /21/.

Ukkossuojaukset voidaan liittää maadoitusverkostoon. Liitos on hyvä tehdä vähintään kahdesta kohdasta. Liitokset maassa suositellaan tehtäväksi hitsausliitoksiksi.

Ukkossuojauksen kuntoa tulee tarkastella vuosittain silmämääräisellä tarkastuksella ja kolmen vuoden välein mittauksin (liite 4).

### 9.4.1 Sähköistetty varasto ja tuotantotila

Nämä tilat suositellaan varustettavaksi kaksinkertaisella ukkossuojauksella.

Kaksinkertainen ukkossuojaus tarkoittaa rakennukseen kiinnitettyä ukkosjohtoa sekä rakennuksesta irti olevaa ulkopuolista suojausta (kuva 13) /21/.



Kuva 13 Sähköistetyn varaston kaksinkertainen ukkossuojaus /21/

#### 9.4.2 Sähköistämätön varasto tai metallipäällysteinen varastosuoja

Sähköistämättömän varaston suojaukseksi riittää yksinkertainen ukkossuojaus.

Suojaus voidaan toteuttaa kolmella eri vaihtoehdolla /21/:

- rakennukseen kiinnitetyllä ukkosjohdolla
- kattopellityksen luotettavalla potentiaalintasauksella, jos kattopellin vahvuus on vähintään 0,6 mm. ja se on yhdistetty jokaisesta kulmasta maadoituselektrodiin
- rakennuksesta irti olevalla ulkopuolisella suojauksella.



### 9.4.3 Maapeitteinen varasto

Varastosuoja, jossa on vähintään 0,6 metriä paksu maapeite ei tarvitse erillistä ukkossuojausta. Maakerroksen läpi tuleviin johtaviin putkistoihin tulee tehdä kuitenkin potentiaalintasaus /21/.

### 9.4.4 Konttisuoijat

Konttivarastoihin ei vaadita erillistä ukkossuojausta /21/. Kontti tulee kuitenkin yhdistää maadoituselektrodiin.

### 9.5 Johdot ja kaapelit

Räjähdetiloissa käytettävät kaapelit luokitellaan käyttötarkoituksen sekä mekaanisen suojauksen perusteella (taulukko 6). Asennuksissa voidaan käyttää muitakin kaapeleita, mikäli niiden rakenne on vastaava.

Taulukko 6 Sallitut kaapelityypit /20/

Käyttötarkoitus	Kaapelityyppi (kansallinen merkintä)	
	Mekaanisesti suojattu	Ei mekaanisesti suojattu
Asennusjohdot ja voimakaapelit	MLJMRM, APAKM APYAKMM	MMJ, MMK, AMMK, AXCMK, MCMK, AMCMK
Ohjauksikaapelit (450/750V)	MLOMR	MMO, MCMO, MSMCO
Taipuisat liitäntäjohdot		VSB, VSN, VHB
Instrumentointikaapelit (max. käyttöjännite 75V)	JAMAK- ARM, KJAAMGM MAVMU, MVAUGM AJSPM, TELLU-ARM	KJAAM, MVAU, JAMAK DATAJAMAK, NOMAK MSKSO, LVT, MMS, MMSA MMHMSI, AJS, TELLU, MCUM

Johdon on oltava mekaanista rasitusta kestävä. Paikassa, jossa kaapeli voi joutua alttiiksi mekaaniselle rasitukselle, se on suojattava mekaanisesti.

Räjähdetiloissa olevan virtapiirin käyttöjännitteen ollessa yli 75 V suositellaan käytettäväksi aina sähkökaapeleita, joiden nimellisjännite on 450/ 750 V.

Exi-kaapelina voidaan käyttää suojattua tai suojaamatonta kaapelia. Suojaamaton kaapeli on asennettava erilleen muista kaapeleista ja sen on oltava väriltään vaaleansininen. Suojattua kaapelia ei tarvitse merkitä ja se voidaan asentaa muiden kaapeleiden tapaan. Suojavaippa ja vapaat johdinpäät tulee kuitenkin maadoittaa /16/.

Avojohton tai riippukierrejohton etäisyydeksi räjähdetilasta suositellaan vähintään 50 metriä. Suurjänniteavojohton etäisyys tehtaan vaarallisesta osasta tulee olla vähintään 100 metriä /2/. Etäisyydet eivät koske maapeitteisiä varastoja.

## 9.6 Keskukset

Räjähdysvaaralliseen tilaan asennettavien keskusten tulee täyttää IP 54 -kotelointivaatimus. Johtojen läpivientien tiiveys tulee myös täyttyä.

Johdonsuoja-automaateilla varustetuissa keskuksissa tulee automaattit yhdistää johdottamalla. Mikäli käytetään tehdasvalmisteista yhdyskiskoa, tulee kisko asentaa pystyasentoon. Tällä toimenpiteellä estetään kosteuden kerääntyminen yhdyskiskoon ja mahdollinen oikosulun aiheuttama tulipalon vaara. /5/

Keskuksen lämpöreleiden tulee olla käsin palautettavaa mallia.

Ylijännitesuojat tulee sijoittaa keskukseseen siten, että maadoitusjohton pituus on mahdollisimman lyhyt.

Keskuksen sisälle tuleva Exi-piirin kaapeli tulee asentaa erilleen muista kaapeleista ja johtimien liittimien etäisyys muista jännitteisistä osista tulee olla vähintään 50 mm /16/.

Keskuksessa tulee olla varoituskilpi ”SAA AVATA JÄNNITTEISENÄ ODOTA X MIN ENNEN AVAAMISTA”, jos siinä on minimisyyttymisenergian ylittäviä varautuvia piirejä, joiden purkautuminen vaatii aikaa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää varoitustekstiä ”EI SAA AVATA RÄJÄHDYSVAARALLISESSA TILASSA” /2/.

## 9.7 Valaisimet

Valaisimista tulee olla valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutus, josta selviää kotelointi- ja lämpötilaluokka.

Perinteisillä kuristimilla varustetut valaisimet tulee varustaa turvasytyttimillä. Turvasytytin kytkee loppuun palaneen lampun luotettavasti irti verkosta /26/.

A-luokan tilaan suositellaan räjähdysuojusrakennetta olevia valaisimia.

## 9.8 Pistorasiat

Räjähdetiloissa käytettävien pistorasioiden tulee olla rakenteeltaan sellaisia, että pistotulppaa ei voida kytkeä ja irrottaa jännitteisenä.

## 9.9 Sähkölämmitys

Räjähdetiloja voidaan lämmittää tiloihin soveltuvilla lämmittimillä. Lämmittimen valinnassa tulee huomioida, että korkeinta sallittua pintalämpötilaa ei ylitetä.

Lämmittimet tulee varustaa termostaateilla sekä käsin palautettavalla ylikuormenemissuojalla. Lämmityslaite suositellaan suojattavaksi enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä. Mahdolliset vuotovirrat huomioon ottaen laukaisuvirta saa kuitenkin olla enintään 300 mA. Samaan ryhmään ei saa kytkeä muuta kuorma. /19/

Lämmityskaapelissa on oltava suojamaadoitettava metallikerros./19/ Lattia- ja putkistolämmityksistä täytyy olla riittävät varoitusmerkinnät.

Lattialämmityskaapeli on suojattava aina enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä.

Varastosuojassa sähkölämmittimen ja räjähteiden välinen etäisyys tulee olla vähintään yksi metri /19/.

## 9.10 Koneet ja laitteet

Koneiden ja laitteiden hankinnassa on huomioitava luvun 7 vaatimukset.

Räjähde-tiloihin tulevien moottoreiden tulee täyttää luvun 6 vaatimukset. Moottori on varustettava ylikuormitussuojalla esimerkiksi moottorin käämeihin asennettua termistoria käyttäen. Termistorin tulee olla tehdasasenteinen.

Räjähdyssuojausrakennetta olevan oikosulkumoottorin ylikuormitussuojaa ei tarvita, mikäli moottori ei lämpene ylikuormitettuna yli sallitun. Tällöin moottorin lämpöreleen valinnassa on huomioitava moottorin arvokilvessä ilmoitettu lämpenemisaika  $t_E$ . Tarkastelu tulee osoittaa lämpöreleen valmistajan ilmoittamia taulukoita käyttäen /16/.

Taajuusmuuttajakäytössä A- luokan tilassa moottorin koteloituokaksi hyväksytään IP 54 tai parempi, jos suojauksen toiminnasta on puolueettoman tarkastuslaitoksen antamaa todistusta /17/.

B-luokan tilassa taajuusmuuttajakäytössä sallitaan moottorin kotelointiluokaksi IP44, kun liitäntäkotelon kotelointiluokka on IP 54 tai parempi. Lisäksi suojauksen toiminnasta edellytetään, että puolueeton tarkastuslaitos on antanut siitä todistuksen tai että moottorin pintalämpötilaa valvotaan esimerkiksi moottorin valmistajan asennuksen termistorein. /17/

Moottorin rakenteen on oltava kipinöimätön. Kipinöimättömyys täytyy todeta ilmastointikoneiden rakenteesta silloin, kun tulo- tai poistoilma kohdistuu räjähdetilaan. Tämä vaatimus koskee muitakin sähkökäyttöisiä mekaanisia rakenteita. Näitä ovat esimerkiksi peltimoottorit ja keskuspölynimurit. /2/

Dokumenteissa tulee esittää vaatimustenmukaisuusvakuutus ja lämpösuojan kytkentäkaavio.

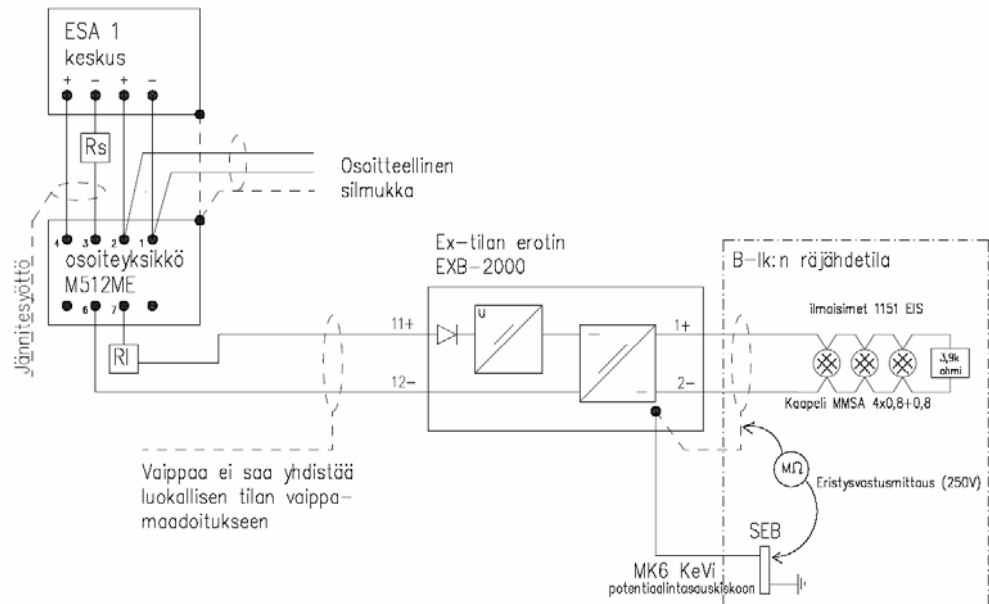
### 9.11 Telejärjestelmät

Energiat, jotka saattavat aiheuttaa räjähdysvaaran, ovat niin pieniä että sähköturvallisuuksivaatimukset koskevat myös kaikkia telejärjestelmiä.

Antennijärjestelmän rasioita ei saa sijoittaa A- tai B-luokan räjähdetilaan.

Räjähdetilaan johtavassa ovesa oven sisään asennettu moottorilukko on tulkittu olevan luokattomassa tilassa.

Räjähdetilan paloilmoinjärjestelmässä käytetään pääsääntöisesti savuilmaisimia ja niiden kotelointiluokka ei täytä IP 54 -vaatimusta. Tällöin voidaan ilmaisimet kytkeä luonnostaan vaarattomaan piiriin. Usein puhutaan Barrier-piiristä tai Exi-releestä (kuva 13). Piirin maadoitus tulee tehdä valmistajan ohjeen mukaisesti. Piirustuksiin tulee liittää Exi-piirin kytkentäkaavio.



Kuva 13 Esmi Oy:n paloilmotusjärjestelmän Exi-piirin kytkentäkuva

Kaapeleina suositellaan käytettäväksi suojattuja kaapeleita.

## 9.12 Huolto- ohjelma

Räjähdetilojen sähköasennuksilta vaaditaan huolto-ohjelma ennen asennusten valmistumista. Huolto-ohjelmalla pyritään varmistamaan laitteiden turvallinen käyttö. Ohjelmaa laadittaessa tulee huomioida laitevalmistajien vaatimukset.

Lämpökuvaus on hyvä ja nopea tapa todeta pintalämpötiloja. Räjähdetilojen sähkölaitteiden lämpökuvaukset on hyvä suorittaa asennusten valmistuttua ja sen jälkeen vähintään viiden vuoden välein.

## 10 TULOKSET

Tässä työssä on pyritty saamaan kokoon aineisto, jota apuna käyttäen löytyisi pikaisesti vastaus yleisimpiin käytännön töissä esiin tuleviin kysymyksiin.

Aineisto voi toimia myös koulutusmateriaalin pohjatietona räjähdetilojen sähköasennusten vaatimuksista.

Laaditun tarkastuslistan (liite 1) on tarkoitus toimia apuna suunnittelu-, rakentamis- ja valvontatyössä.

## 11 TULOSTEN TARKASTELO

Tavoitteena oli laatia aineisto, jossa Puolustushallinnon räjähdetilojen sähköasennusten erityisvaatimuksista kerättäisiin yhtenäinen aineisto. Erityisvaatimuksilla tarkoitetaan lähinnä muita asioita kuin normaaleja hyviä asennustapoja. Nämä erityisvaatimukset on koottu käytännön työssä ja tarkastuksissa esille tulleista asioista. Aineistoa ja tulkintoja on paljon, ja perusteluita löytyy useasta lähteestä. Tämä aineisto pohjautuu kuitenkin pääosin säädöksiin.

Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 edellyttää riittävää koulutusta ja työkokemusta räjähdetiloissa työskenteleville. Urakoitsijat, jotka työskentelevät harvoin räjähdetilojen parissa täytyy myös kouluttaa. Tämä koulutus tulisi suorittaa tapauskohtaisesti ennen töiden aloittamista. Tästä aineistosta saa helposti perusteet koulutusmateriaaliksi. Koulutuksella työntekijät saadaan suhtautumaan riittävän vakavasti räjähdetilojen sähköasennusten vaatimuksiin.

Nykyisin työmaiden aikataulut ovat tiukkoja sekä valvojat kiireisiä. Avuksi työssä on laadittu tarkastuslista, jota voi käyttää koko työn ajan. Tarkoituksena on, että lista auttaisi muistamaan eri vaatimukset. Asioiden huomioiminen aikaisessa vaiheessa takaa yleensä hyvän lopputuloksen.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

- 1 Phoenix Contact Oy. Esite. Trabbtech Phonix Contact kattava ylijänniteohjelma. Joachim Schimanski.
- 2 Puolustusministeriön räjähdepäätös. Ykkös- Offset Oy. Vaasa 1997.
- 3 Puolustusministeriö. Sähkölaitteistojen varmennusrajan tulkinta. Diaarinumero 1387/8300/2001/K1. 30.11.2001.
- 4 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Ilmoitus. Diaarinumero 371/1.2/D/I. 22.9.2004.
- 5 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Ilmoitus. Diaarinumero R588/1.2/D/IV. 10.3.2005.
- 6 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Käsky. Diaarinumero R996/1.2/D/III. 30.7.2001.
- 7 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Ohje. Staattisen sähkön hallinta puolustushallinnon lattioissa. 31.12.2004.
- 8 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 1:3.
- 9 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 5:1.
- 10 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 6:1.
- 11 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 6:2.
- 12 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 6:5.
- 13 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 6:7.
- 14 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 6:8.
- 15 Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Pysyväisasiakirja PAK 8:1.
- 16 Suomen standardoimisliitto. SFS- käsikirja 140. Kyriiri Oy. Helsinki 2001.
- 17 Standardisoimisyhdistys Sesko ry. Suositus. Taajuusmuuttajalla syötetyn moottorin hyväksyminen räjähdysvaarallisiin tiloihin. 1997-03-18
- 18 Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Sähkötyöturvallisuusopas. Sähköinfo Oy. Espoo 2005.
- 19 Sähkötarkastuskeskus. Julkaisu A6- 95 Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. Sähköinfo Oy. Helsinki 1995.



- 20 Sähkötieto ry. ST- käsikirja Nro 30. ESPOO 2001.
- 21 Turvatekniikan keskus. TUKES- opas. Räjähde-tilojen ukkossuojaus 2003.

### **Painamattomat lähteet**

- 22 Evers, Ilkka, insvrl, Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto. Puhe-  
linkeskustelu 13.02. 20007.
- 23 Saari, Erkki, insinööri, JJK, Keskustelu 3.4.2007.
- 24 Törmänen, Tuomo, insmaj, Pääesikunnan teknillinen tarkastusosasto.  
Tele- ja turvajärjestelmien asennustyöt räjähdetarastoissa. Koulus-  
tusmateriaali sähkön käytön johtajien ja sähkötoimien johtajien opetus-  
tilaisuus 28.10.2004 Kajaani.

### **Sähköiset lähteet**

- 25 Aeg Finland Oy. [www-sivu]. [viitattu 16.2.2007] Saatavissa:  
<http://www.aegfinland.fi/pdf/teollisuus/S%E4hk%F6verkon%20suojat.pdf>
- 26 Onninen Oy [www-sivu]. [viitattu 26.2.2007] Saatavissa:  
<http://www.onninen.fi/urakoitsijat/tuotteet/sahkotuotteet/lamput/osram.pdf> sivu 2
- 27 Perel Oy. [www-sivu]. [viitattu 18.3.2007] Saatavissa:  
<http://www.perel.fi/pdf/Teollisuustuotteet/mittauspalvelut05.pdf>
- 28 Puolustushallinnon rakennuslaitos. [www-sivu]. [viitattu 17.3.2007]  
Saatavissa: [http://www.phrakl.fi/phrakl/Publish.nsf/\\$all/4893ECCEFBB08E53C2256FC50042B92D](http://www.phrakl.fi/phrakl/Publish.nsf/$all/4893ECCEFBB08E53C2256FC50042B92D)
- 29 Puolustushallinnon rakennuslaitos. [www-sivu]. [viitattu 17.3.2007]  
Saatavissa: [http://www.phrakl.fi/phrakl/Puplish.nsf/\\$all/88E768D0EA5F4250C2256FC500446581](http://www.phrakl.fi/phrakl/Puplish.nsf/$all/88E768D0EA5F4250C2256FC500446581)

- 30 Puolustushallinnon rakennuslaitos. [Intranet www-sivu].  
[viitattu 15.3.2007] Saatavissa: <http://164.13.10.221/tekninentarkastus/SAHKOTURVA/Ohjeistus/sahkoturvallisuusohjeet.htm>
- 31 Puolustushallinnon rakennuslaitos. [Intranet www-sivu].  
[viitattu 26.2.2007] Saatavissa: <http://164.13.10.221/tekninentarkastus/index.htm>
- 32 Puolustusministeriö. [www-sivu]. [viitattu 17.3.2007] Saatavissa:  
<http://www.defmin.fi/index.phtml?s=158>
- 33 Puolustusvoimat. [www-sivu]. [viitattu 19.1.2007] Saatavissa:  
<http://www.mil.fi/perustieto/tehtavat>
- 34 Saareskoski Oy. [www-sivu]. [viitattu 17.3.2007] Saatavissa:  
[www.saareskoski.com/download/TurvakilvetMerkit.pdf](http://www.saareskoski.com/download/TurvakilvetMerkit.pdf)
- 35 Senaatti- kiinteistöt. [www-sivu]. [viitattu 18.1.2007] Saatavissa:  
<http://www.senaatti.com/document.asp?siteID=1&docID=84>
- 36 Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. [www-sivu]. [viitattu 5.1.2007]  
Saatavissa: [http://www.stul.fi/verkkotuotteet/user\\_new/index.html](http://www.stul.fi/verkkotuotteet/user_new/index.html).

TARKASTUSLISTA RÄJÄHDETILOJEN SÄHKÖASENNUKSET			
Tilauokka	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	OK Huom.
<b>Käyttöönottotarkastus</b>			
	Maadoitusmittaukset		
	I <sub>k</sub> -arvot		
	Jakuvuusmittaukset		
	Silmukkaimpedanssit		
<b>Varmennustarkastus</b>			
<b>Dokumentointi</b>	Tilaluokituspiirustus		
	Laiteluettelot, speksit		
	Vaatimuksenmukaisuusvakuutukset		
	Asemapiirros		
	Tasokuvat		
	Keskuskuvat		
	Kokoonpanopiirustukset		
	Ohjauspiirikaaviot		
	Lämpötilaluokat		
	Järjestelmäpiirustukset		
<b>Asennukset</b>	Kotelointiluokka IP 54		
	Läpiviennit, palokatkot		
	Suojauksen selektiivisyys		
	Pääkykin (jännitteetömyys), merkkilamppu		
	Vikavirtasuojaus, - valvonta		
	Potentiaalintasaus		
	Kaapeleiden suojaus, jännitekestoisuus		
	Ohjauskaapelit (yli 75V)		
	Ylijännitesuojaus		
	Telekaapeleiden maadoitus		
	Merkinnät		
	Moottoreiden lämpösuojaus		
<b>Telejärjestelmät</b>	Paloilm.järj. Toteutuspöytäkirja		
	Käyttöönottotarkastus/ varmennustarkastus		
	Exi- piirit, kytkentä		
	Laitteiden rakenne		
<b>Huoto- ohjelma</b>	Ryhti		
	Huoltokirja		

Aika	Nimi
	PHRAKL Tampere



# CESI

[1] **EC-TYPE EXAMINATION CERTIFICATE**



[2] **Equipment or Protective System intended for use  
in potentially explosive atmospheres  
Directive 94/9/EC**

[3] EC-Type Examination Certificate number:

**CESI 01 ATEX 102**

[4] **Equipment:** Three-phase and single-phase asynchronous motors series AB 63, AB 71, AB 80, AB 90, AB 100 supplied by mains or inverter

[5] **Manufacturer:** Cemp International S.p.A.

[6] **Address:** Via Piemonte, 16 – 20030 Senago (MI) - Italy

[7] This equipment or protective system and any acceptable variation thereto is specified in the schedule to this certificate and the documents therein referred to.

[8] CESI, notified body n. 0722 in accordance with Article 9 of the Council Directive 94/9/EC of 23 March 1994, 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 confidential report n. EX-A1/039452.

[9] Compliance with the Essential Health and Safety Requirements has been assured by compliance with:

**EN 50014: 1997 + A1..A2; EN 50018: 2000; EN 50019: 2000 EN 50281-1-1: 1998**

[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 or protective system in accordance to the Directive 94/9/EC. Further requirements of the Directive apply to the manufacturing process and supply of this equipment or protective system. These are not covered by this certificate.

[12] The marking of the equipment or protective system shall include the following:

II 2 G EEx d IIB T6, T5, T4, T3      II 2 G EEx de IIB T6, T5, T4, T3

II 2 GD EEx d IIB T6, T5, T4, T3      IP 65 T 85, T 100, T 135, T 150 °C

II 2 GD EEx de IIB T6, T5, T4, T3      IP 65 T 85, T 100, T 135, T 150 °C

This certificate may only be reproduced in its entirety and without any change, schedule included.

**date** December 21, 2001 - translation issued on November 20, 2002

**prepared** CERT - D. Parazzoli

**verified** CERT - M. Balaz

**approved** CERT - U. Colombo

**CESI**  
CENTRO ELETTROTECNICO SPERIMENTALE ITALIANO  
Business Unit Certificazione

*Il Responsabile*

page 1/5

CESI  
Centro Elettrotecnico  
Sperimentale Italiano  
Giacinto Motta SpA

Via R. Rubattino 54  
20134 Milano - Italia  
Telefono +39 022125.1  
Fax +39 0221255440  
www.cesi.it

Capitale sociale 8 550 000 Euro  
Interamente versato  
Codice fiscale e numero  
iscrizione CCIAA 00783580150

Registro Imprese di Milano  
Sezione Ordinaria  
N. R.E.A. 429222  
P.I. IT00783580150



Ukkossuojien tarkastus ja mittauspöytäkirja



Mittauspaikka Parkano Varasto 4  
Mittausaika  
Mittalaite CHAUVIN ARNOUX C.A 6413  
Säätila  
Mittauksen suorittajat Jarmo Simonen & Tuomas Simonen

Pvm	Rak. N:o	Mittaus tulos	Mistä kulmasta mitattu	Huomautukset / korjaustarpeet
26.06.05	405	0,7 1,8	1 2	
	"	0,7 0,7	3 4	
	706	0,7 0,7	1 2	
	"	0,7 0,7	3 4	
	"	0,7 0,9	5 6	
	"	0,7 0,7	7 8	
	407	2,1 0,7	1 2	Maadoituspholin poistettu Korj: 23.6.05 1,7Ω 1S
	"	0,7 0,7	3 4	
	408	0,7 0,7	1 2	
		0,7 0,7	3 4	
	412	0,7 0,7	1 2	Alin ukkoskõysi purkamalla korj: 23.6.05 1S
	"	0,7 0,7	3 4	
	411	0,7 0,7	1 2	
	"	0,7 0,7	3 4	
	410	0,7 0,7	1 2	
	"	0,7 0,7	3 4	
	409	0,7 0,7	1 2	
		0,7 0,7	3 4	