

Sami Koskelainen

Teollisuuden sähkösaattojen asennusopas

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

4.3.2017

Tekijä(t) Otsikko	Sami Koskelainen Teollisuuden sähkösaattojen asennusopas
Sivumäärä Aika	27 sivua + 6 liitettä 4.3.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Osmo Massinen Projektinjohtaja Petri Ersala
<p>Insinööriyössä keskityttiin teollisuuden sähkösaattolämmityksen asennusoppaan laatimiseen. Työn tarkoituksena oli laatia koulutusmateriaali uusien asentajien koulutukseen ja perehdytykseen. Työn toimeksiantaja oli Bilfinger Industrial Services Finland Oy.</p> <p>Työn alussa käsitellään teoriaa saattolämmityksestä ja sähkölämmityskaapeleista sekä räjähdysvaarallisten tilojen vaatimuksia. Tämän jälkeen käydään läpi, miten sähkösaatto asennetaan.</p> <p>Keskeisimpiä lähdeaineistoja olivat ST-ohjeisto 11 Teollisuuden lämmityskaapelit ja SFS-EN 60079-30-2 Räjähdyksivaaralliset tilat.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin kattava ja selkeä asennusohje, jossa on käytetty hyväksi käytännön työssä otettuja kuvia.</p>	
Avainsanat	saattolämmitys, saattolämmityskaapeli, sähkösaaton asennus

Author(s) Title	Sami Koskelainen Installation of Industrial Electrical Heat Tracing
Number of Pages Date	27 pages + 6 appendices 4 March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Osmo Massinen, Senior Lecturer Petri Ersala, Project Manager
<p>This thesis focuses on the industrial electrical heat tracing installation. The purpose of this study was to prepare educational material for new electricians. The client was Bilfinger Industrial Services Ltd.</p> <p>At the beginning, the work deals with the theory of electrical heat tracing, electrical heating cables and requirements for explosive atmospheres areas. After this, how to install electrical heat tracing is looked at.</p> <p>The main sources of information in this work were ST-Card index 11 Industrial heat tracing cables and SFS-EN 60079-30-2 explosive atmospheres areas.</p> <p>The final result of this study is a comprehensive and clear installation instructions, where images taken from practical work are used.</p>	
Keywords	trace heating, trace heating cable, trace heating installation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Saattolämmitys	2
3	Sähkölämmityskaapelit	3
4	Saattolämmityksen ohjaus	6
5	Räjähdysvaaralliset tilat	9
6	Sähkösaattojen asennus räjähdysvaarallisissa tiloissa	12
6.1	Sähkölämmitystaulukko	12
6.2	Sähkösaattoisometri	12
6.3	Sähkösaaton asennus putkistoon	12
6.4	Sähkösaaton kytkentärasian asennus	15
6.5	Säätö- ja rajoitusanturien asennus	16
6.6	Itserajoittuvan kaapelin päättäminen	17
6.7	Vakiovastuskaapelin kytkentäpään tekeminen	19
6.8	Metallivaippaisen kaapelin vaihtojatkon tekeminen	20
6.9	XTV- ja KTV-saattokaapelin maksimipituudet	24
7	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

Liitteet

Liite 1.	Sähkölämmitystaulukko
Liite 2.	Sähkösaattoisometri
Liite 3.	Sähkösaattokortti
Liite 4.	Asennusohje EXR-5
Liite 5.	Asennusohje EXL-5
Liite 6.	Suoraliitos toimenpide

Käsitteet

Kylmäkaapeli	Lämpenemätön kaapeli, joka on noin yhden metrin pituinen ja jonka tarkoituksena on estää asennetun kaapelin lämpenemisen.
Kylmäsilta	Kylmäsiltaa pitkin lämpö johtuu pois lämmitettävästä kohteesta.
Loppupääte	Lämmityskaapeli päätetään loppupäätteellä, joka voi olla lämpenevä tai lämpenemätön. Sitä käytetään niissä kaapelien päissä, joihin ei syötetä sähköä.
Lämmitettävä kohde	Lämmitettävän kohteen pintaan asennetaan sähkösaatto.
Lämpöhäviö	Lämmitettävästä kohteesta ympäristöön poistuva energia.
Lämpökaapelipiiri	Lämpökaapeli, joka on kytketty syöttöpisterasiaan. Piiriin kuuluvat päätteet, jatkokset ja kylmäkaapelit.
Syöttöpääte	Lämmityskaapelin pääte, jonka kautta syötetään sähköä.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on laatia teollisuuden sähkösaattolämmityksen asennusopas. Tavoitteena on, että tämän työn tuotoksena syntyvää opasta pystytään käyttämään yrityksessä apuna uusien sähköasentajien perehdytyksessä.

Työ tehdään Bilfinger Industrial Services Finland Oy:lle, joka on yksi suurimmista Kilpilahdessa toimivista urakoitsijoista. Bilfinger on kansainvälinen yritys, jonka toimipisteitä löytyy eri puolilla Eurooppaa. Bilfingerin Porvoon toimipiste keskittyy tarjoamaan asiakkailleen teollisuuden sähköjärjestelmien suunnittelua, rakentamista, korjausta ja huoltoa.

Työn alussa eritellään työssä käytetty termistö sekä käydään läpi saattolämmitystä ja siinä käytettyjä lämmityskaapeleita. Työssä keskitytään käsittelemään sähkösaattoon liittyviä standardeja ja laatimaan sähkösaaton asennusohjeistus käytännön asennuksista otettujen kuvien avulla.

2 Saattolämmitys

Saattolämmityksellä tarkoitetaan prosessiteollisuuden putkiston, säiliöiden ja niihin liittyvien laitteiden lämmittämistä öljyllä, höyryllä tai sähköllä. Saattolämmityksellä korvataan lämpöhäviöitä, jolla tavallisesti estetään jäätyminen kohteessa. Nykyään saattolämmitys toteutetaan useimmiten sähköllä, jolloin etuna on hyvä säädettävyys. [1, s.8.]

Saattolämmityksen tyypilliset tehtävät ovat ylläpitolämmitys, sulanapitolämmitys ja lämpötilan nosto. Näitä tehtäviä käsitellään tarkemmin seuraavassa.

Ylläpitolämmitys

Teollisuuden prosessiputkissa kulkee korkean viskositeetin aineita, jotka vaativat tietyn lämpötilan pysyäkseen nestemäisenä. Saattolämmityksellä ylläpidetään haluttua lämpötilaa kohteessa. [2.]

Mikäli esimerkiksi tietty aine vaatii 240 astetta pysyäkseen nestemäisenä, niin ylläpitolämmityksessä tämä lämpötila ylläpidetään jatkuvasti, ettei neste jähmettyisi. Ylläpitolämmityksessä lämpötilaa ylläpidetään ympäri vuoden.

Sulanapitolämmitys

Sulanapitolämmityksen tarkoitus on estää veden ja runsaasti vettä sisältävien nesteiden jäätyminen putkistoissa. Lämmityksen avulla estetään putken halkeaminen, josta voisi aiheutua tuotantotappioita, omaisuusvahinkoja tai henkilöstön turvallisuuden vaarantuminen. [3.]

Sulanapitosaattoja ohjataan yleensä ulkoilmatermostaatin avulla. Sulanapitolämmityksessä seurataan ulkolämpötilaa ja tyristorisäädin säätää jännitettä lämpötilan mukaan. Mikäli ulkolämpötila menee pakkasen puolelle, jännitteen määrä lisääntyy ja lämpökaapeli lämmittää enemmän. Mikäli lämpötila nousee, jännitteen määrä taas vähenee ja lämpökaapeli lämmittää vähemmän.

Lämpötilan nosto

Joskus prosessiaineen lämpötilaa halutaan nostaa putken loppupäässä suuremmaksi kuin mikä se on putken alkupäässä. Kuvitellaan, että putken pituus on sata metriä ja putken alkupäässä veden lämpötila on 10 astetta. Putken loppupäässä veden halutaan olevan 15-asteista. Tällöin vettä lämmitetään samalla kun vesi kulkee putken päästä päähän. Tässä tapauksessa lämpötila nostetaan siis saattolämmityksen avulla. Tätä lämmitystapaa käytetään harvoin teollisuudessa.

3 Sähkölämmityskaapelit

Saattolämmityskaapeleita on valmistettu paljon erilaisiin tarkoituksiin. Teollisuudessa vaaditaan lämmityskaapeleilta erityisen paljon. Niiden pitää kestää asennusympäristön kemialliset, mekaaniset rasitukset ja lisäksi soveltua palo- tai räjähdysvaaralliseen tilaluokkaan. Lämmityskaapeli valitaan aina lämmitettävän kohteen mukaan, sillä kaapeleilla on eroavuuksia toiminnan, materiaalin ja tehonkestoisuuden kanssa. Kaapeleiden käyttöikä pitää olla mahdollisimman pitkä, mikä vähentää huollon tarvetta. [4, s.20.]

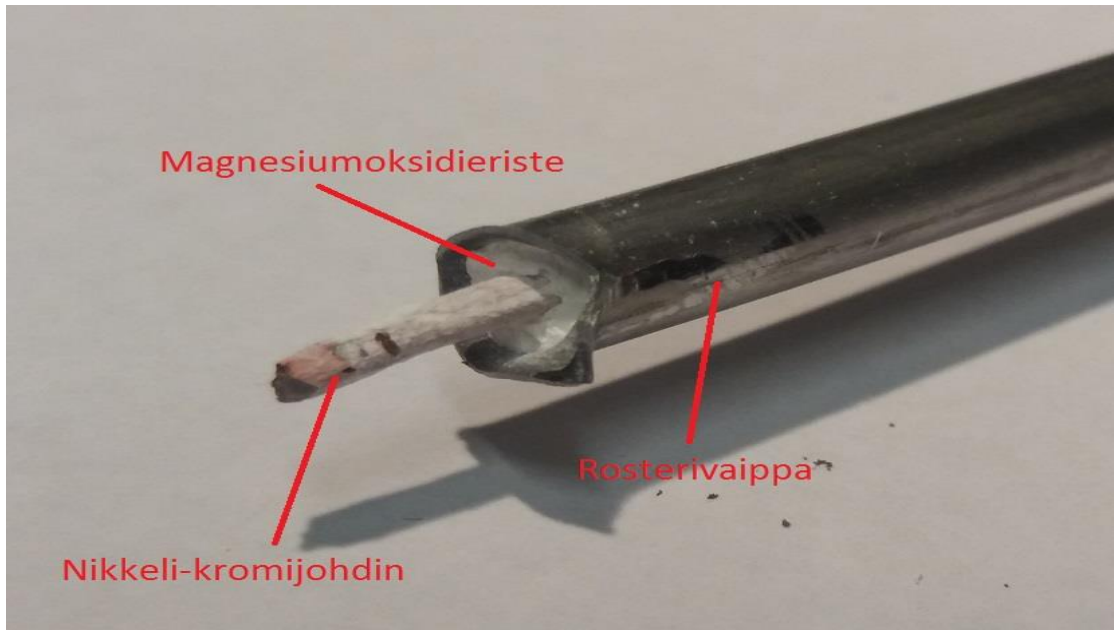
Vakiovastuskaapelit

Vakiovastuskaapelia on lämmitysasennuksissa yleisimmin käytetty lämpökaapeli. Lämpökaapelin resistanssi metriä kohden on vakio. Vakiovastuskaapeleita kutsutaan myös sarjaresistanssikaapeleiksi. Lämmityselementtinä toimii tyypillisesti sähköjohdin. Lämmitysteho määräytyy piirin pituuden ja syöttöjännitteen mukaan. Yleensä vakiovastuskaapeleita käytetään pitkissä lämmityspiireissä. [5, s.19.]

Metallivaippaiset kaapelit

Lämpökaapelin vaippamateriaali on yleensä ruostumatonta terästä, mutta se voi olla myös kuparia tai kupari-nikkeliä. Kuvassa 1 on perinteisen metallivaippaisen kaapelin rakenne. Tavallisesti kaapelin vastusmateriaali on magnesiumoksidia, joka sijaitsee vastusjohtimen ja vaipan välissä. *Metallivaippaisia kaapeleita* kutsutaan myös nimellä MI-kaapelit (Mineral Insulated) eli mineraalieristeinen kaapeli. Metallivaippaiset kaapelit soveltuvat erittäin hyvin prosessiteollisuuteen, missä on paljon räjähdysvaarallisia tiloja. Metallisen vaipan takia kaapelit soveltuvat hyvin teollisuuteen asennettavaksi niiden

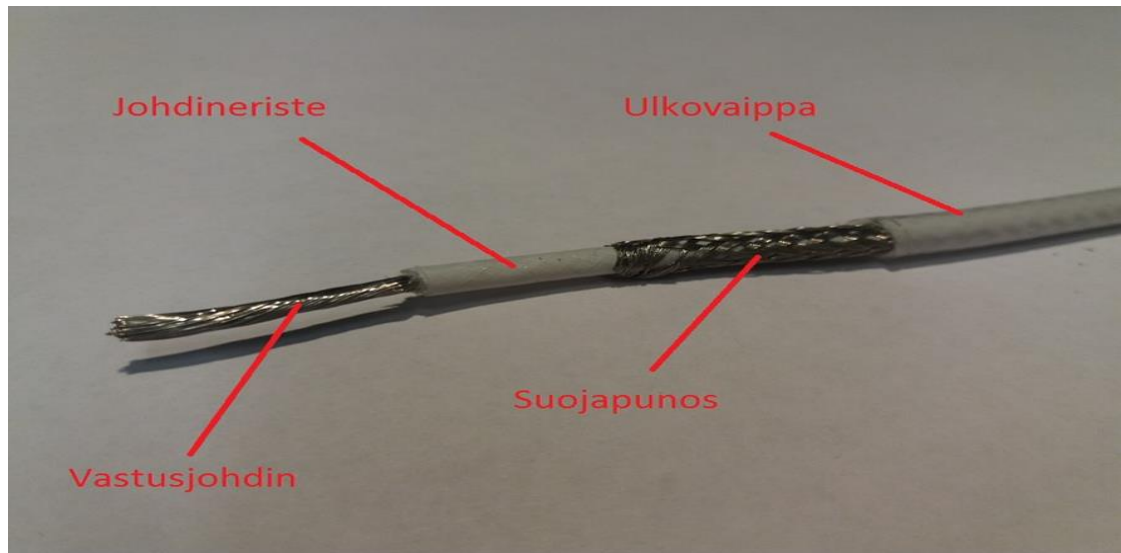
korroosiokestävyyden takia ja sietävät erittäin korkeita lämpötiloja. Kaapeleita voidaan tyypillisesti sietää jopa 700 °C:n asti. Kaapeleita voidaan kuormittaa paljon. Tyypillisesti kuormituksen lähtöteho on 150 W/m. Lisäksi niiden mekaaninen kestävyys on parempaa verrattuna muihin lämpökaapelityyppeihin. [4, s. 43.]



Kuva 1. Metallivaippaisen kaapelin rakenne [13.]

Teflon- ja silikonikumivaippaset kaapelit

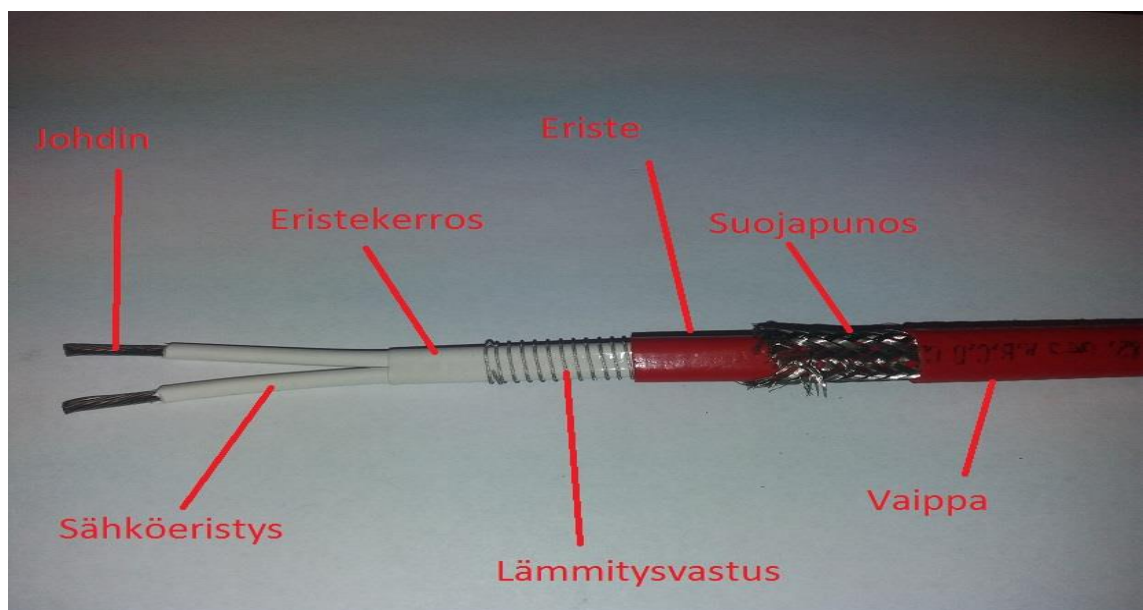
Kaapeleiden vaipan alla on metallinen suojapalmikko, jonka alla on eristetty vastusjohdin. Näiden kaapeleiden rakenne on esitetty kuvassa 2. Kaapelit kestävät hyvin vaikeita ympäristöolosuhteita, jossa on erilaisia syövyttäviä aineita. Kaapeleita käytetään yleensä pitkissä putkissa, joissa ei voida käyttää itsesäätyviä lämpökaapeleita, mikäli niiden maksimipituudet ylittyvät. Käytännössä kaapelit eroavat metallivaippaisista kaapeleista niiden maksimikäyttölämpötiloista ja kuormitettavuudesta. Teflonvaippaisia kaapeleita voidaan käyttää korkeintaan 260 °C:n lämpötiloissa jatkuvasti, kun taas metallivaippaisia voidaan käyttää jopa 700 °C:n lämpötiloissa. Lisäksi teflonvaippainen kaapeli on paljon helpommin asennettava taipuisuuden takia. [6.]



Kuva 2. Vakiovastuskaapelin rakenne [13.]

Vakiotehokaapelit

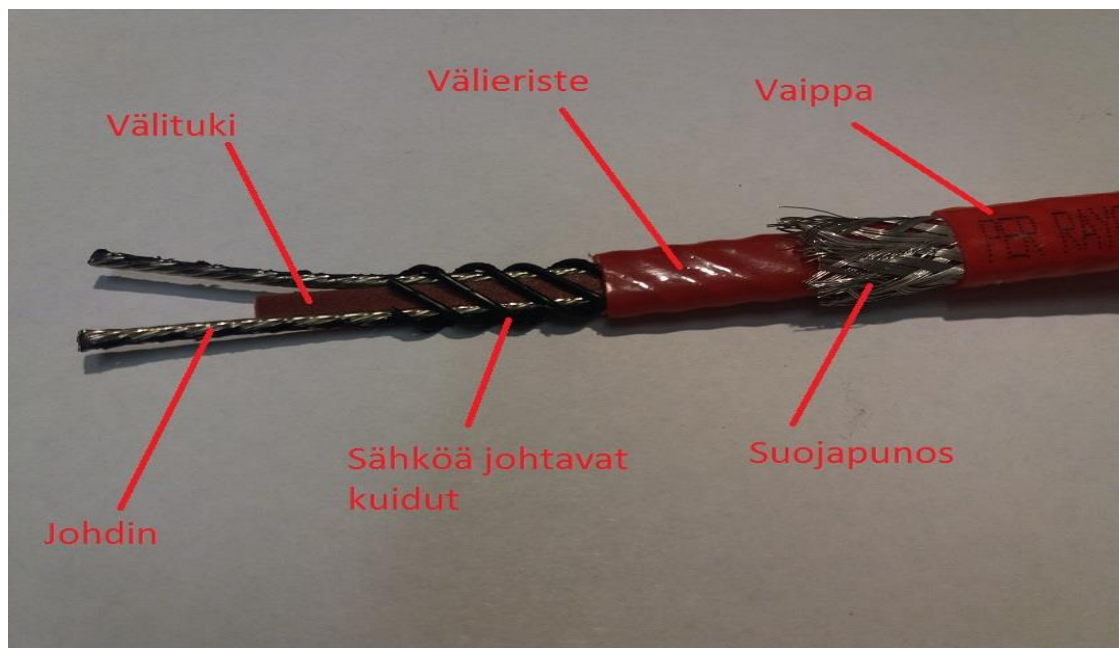
Vakiotehokaapeli koostuu kahdesta eristetystä rinnakkaisesta äärijohtimesta, joiden päälle on vastusjohdin spiraalimaisesti kiedottu. Vastusjohdin kytkeytyy äärijohtimiin vakio pituuden jälkeen vuorotellen ja niiden välinen etäisyys määrittää lämmityselementin pituuden. Siksi kaapelin katkaisimessa pitää olla huolellinen, että katkaistaan oikeasta kohdasta. Vastusjohtimen päällä on eriste, metallinen suojapunos ja vaippa. Kaapelin lämpötilakestoisuus ja ympäristöolosuhteet määräävät vaipan materiaalin. Kuvassa 3 näkyy vakiotehokaapelin rakenne. [7.]



Kuva 3. Vakiotehokaapelin rakenne [13.]

Itserajoittuvat kaapelit

Itserajoittuvan kaapelin rakenne näkyy kuvassa 4. Itserajoittuvat kaapelit koostuvat kahdesta rinnakkaisesta johtimesta, joiden ympärillä tai välissä on sähköä johtavaa vastusmateriaalia. Vastusmateriaali on kaapelissa lämpenevä aine, jonka ominaisresistanssi pienenee lämpötilan laskiessa ja noustessa kasvaa. Johtimien ja vastusmateriaalin ympärillä on eristepunos ja vaippa. Itserajoittuvat lämpökaapelit säätelevät lämmitystehon automaattisesti lämpötilamuutosten mukaan. Teollisuuden saattolämmityksissä kaapelin lämpötilakestoisuus olla vähintään +110 °C. [1, s.23.]



Kuva 4. Itsesäätävän kaapelin rakenne [13.]

4 Saattolämmityksen ohjaus

Saattolämmityspiirien lämpötilaohjauksella varmistetaan, että lämmitettävä kohde ja sähkösaatto pysyvät halutussa lämpötilassa. Teollisuudessa on tärkeää, ettei mitään raja-arvolämpötiloja ylitetä. Sääto- ja valvontajärjestelmän tulee täyttää standardien määrittämät vaatimukset ja eri prosessityyppien edellyttämät käyttökriteerit. Lisäksi se sisältää yleensä vikavalvonnan, ylivirtasuojauksen, vikavirtasuojauksen ja sähköisen erityystason valvonnan. [5, s.29.]

Elektroninen säädin

Elektronisen säätimen lämpötila-anturit ovat tyypillisesti vastusantureita, joiden vastusarvo muuttuu lämpötilan mukaan. Säätimet käsittelevät anturilta saaman viestin elektronisesti ja ohjaavat kontaktoria tai puolijohdereleen avulla saattopiirin päälle. Ohjaus on on-off-tyyppinen tai sitä voidaan myös ohjaa portaattomasti. Elektronisen säätimien hyöty on siinä, että ne voidaan sijoittaa satojen metrien päähän antureista. Säätimet yleensä asennetaan sähkötiloihin, missä niitä on helppo käyttää ja huoltaa. Kuvassa 5 on PT-100 anturi. [5, s.30.]



Kuva 5. PT-100 Anturi [13.]

Tyristorisäädin

Tyristorisäädin on toteutettu tyristoritekniikalla, jolla vaikutetaan yhtä tai useampaa sähkösaattoa syöttävän jännitteen tehollisarvon suuruuteen. Tyristorisäädin toimii portaattomasti ja se säätyy yleensä ulkoilma lämpötilan mukaan. Tyristorisäädintä käytetään tavallisesti teollisuudessa sulanapitolämmityksissä. [1, s.8.]

Sähkömekaaniset säätimet

Sähkömekaanisen säätimen, esimerkiksi termostaatin toiminta perustuu kahteen erilaiseen toimintaperiaatteeseen. Suljetussa tilassa on Bi-metallia tai nestettä, joka on yhdistetty yleensä kapillaariputkella kojeeseen. Suljetussa tilassa oleva aineen tilavuus

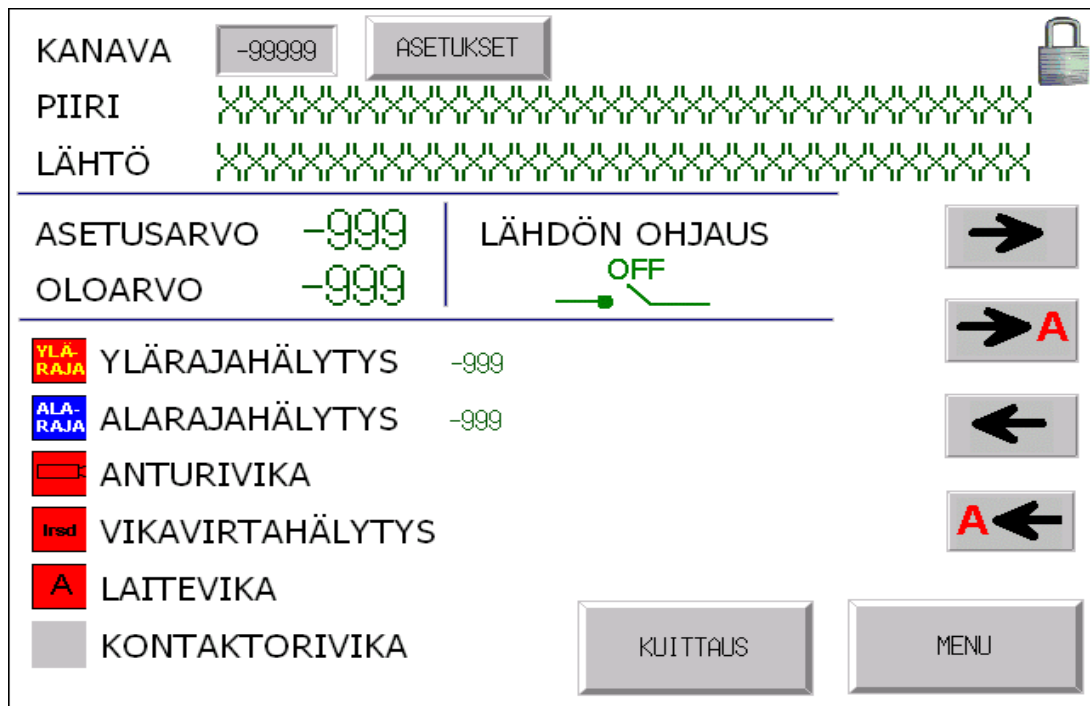
muuttuu lämpötilan mukaan, mikä saa aikaan mekaanisen liikkeen. Mekaaninen liike ohjaa sähköisiä koskettimia kojeessa, joka laittaa sähkösaaton päälle tai pois päältä. Termostaatteja käytetään teollisuudessa harvoin ja yleensä väliaikaisesti. Niiden valvonta ja huolto on vaivalloista, koska termostaatit asennetaan yleensä kentälle. Kuvassa 6 on esimerkki kahdesta erilaisesta termostaatista. [5, s.29.]



Kuva 6. Termostaatteja rasialevyssä kiinni [13.]

Elset-ohjausjärjestelmä

Elset 2100-ohjausjärjestelmä on Bilfinger Industrial Services Finland Oy:n kehittämä 16...256-kanavainen elektroninen saattolämmityksien säätö- ja rajoitusjärjestelmä. Se on suunniteltu teollisuuden saattolämmityspiirien säätöön ja valvontaan. Järjestelmän keskusyksikköinä on ohjelmoitavat logiikat ja käyttöliittymänä voi olla kosketusnäyttö ja PC-valvonta. Lämpötila-antureina toimivat elektroniset PT-100-anturit, joiden toiminta perustuu vastusmittausperiaatteeseen. Elset-järjestelmässä on sähkölämmityspiireille erittäin hyödyllinen automaattinen koestustoiminto, joka tutkii sähkölämmityspiirin kuntoa säännöllisen väliajoin. Siitä on hyötyä kunnossapidossa, sekä ennakoivaa lämmityspiirin huollon tarvetta. [8.]



Kuva 7. Elset kanavanäyttö [10.]

Kuvassa 7 on Elsetin selkeä kanavanäyttö, josta näkee suoraan esimerkiksi saatto-
lämmityspiirin tunnuksen, asetteluarvot ja lämpötilan asteen tarkkuudella. Lisäksi sel-
keät hälytykset vian sattuessa. [10.]

5 Räjähdyksvaaralliset tilat

Räjähdyksvaarallisia tiloja (Ex-tila) ja tiloissa käytettäviä laitteita (Ex-laitteet) koskevat ATEX-lainsäädäntö. ATEX-nimitystä käytetään direktiiveistä, jotka koskevat räjähdyksvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä, sekä käytettäviä laitteita. Direktiivien tarkoitus on suojella työskenteleviä ihmisiä räjähdyksvaarallisissa tiloissa. Direktiivit koskevat sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa kaasut, pölyt tai nesteet voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. [9, s.4.]

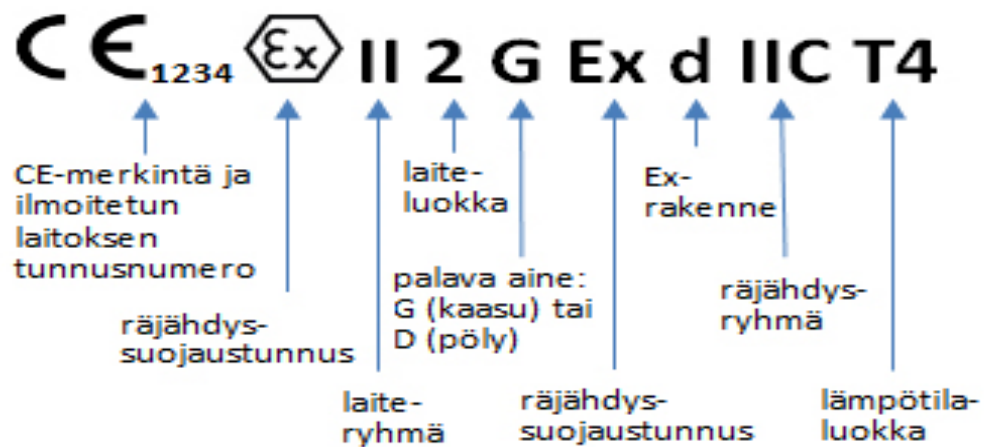
Vaatimukset ja laitteet

Ex-laitteita ovat kaikki koneet ja laitteet, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi räjähdyksvaarallisissa tiloissa eli Ex-tiloissa. Ex-laitteiden tulee täyttää säädöksissä määritellyt terveys- ja turvallisuusvaatimukset sekä täyttää ATEX-vaatimukset.

Laittevaatimuksia ovat mm:

- laiteryhmä- ja laiteluokkakohtaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset
- vaatimustenmukaisuuden arviointi
- EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus
- CE-merkintä ja erityinen Ex-merkintä
- Laiteryhmää ja luokkaa kuvaava merkintä

Laitteet jaetaan kahteen ryhmään. Ryhmän I laitteet ovat tarkoitettu kaivoksiin tai maanpäällisiin osiin, joissa räjähdysvaara pölyyn ja/tai kaivoskaasuun. Muut laitteet, joita käytetään muissa paikoissa, kuuluvat ryhmä II. Lisäksi ryhmän I laitteet jaetaan M1 ja M2 laiteluokkaan. Ryhmässä II on kolme eri laiteluokkaa (1,2,3). Laiteluokka määrittää vaadittavan turvallisuustason laitteelta. [9, s.8.]



Kuva 8. Esimerkki Ex-tilaan hyväksytystä laitteesta [9.]

Tilaluokitukset

Ex-tila on tila, jossa voi muodostua tai esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Työtekijöiden suojaamiseksi räjähdysvaaralta on Ex-tilat luokiteltu seuraavasti:

- Tilaluokassa 0 räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein. Räjähdyskelpoinen ilmaseos on ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodostama.
- Tilaluokassa 20 räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein. Räjähdyskelpoinen ilmaseos on ilman ja palavan pölyn muodostama.
- Tilaluokassa 1 räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy satunnaisesti normaalitoiminnassa. Räjähdyskelpoinen ilmaseos on ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodostama.
- Tilaluokassa 21 räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy satunnaisesti normaalitoiminnassa. Räjähdyskelpoinen ilmaseos on ilman ja palavan pölyn muodostama.
- Tilaluokassa 2 räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen aikaa normaalitoiminnassa. Räjähdyskelpoinen ilmaseos on ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodostama.
- Tilaluokassa 22 räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen aikaa normaalitoiminnassa. Räjähdyskelpoinen ilmaseos on ilman ja palavan pölyn muodostama. [9, s.11.]

Ex-vaatimukset sähkölämmityssaatoille

Sähkösaatot pitää suunnitella ja asentaa siten, että se on kaikin puolin kestävä ja toimintavarma eikä normaalissa käytössä aiheuta käyttäjälle tai ympäristölle mitään vaaraa. Sähkösaaton tulee täyttää standardissa IEC 60079-0 luetellut vaatimukset. Lämmityskaapeleissa pitää olla metallinen punos tai metallivaippa, joka peittää vähintään 70 % kaapelin pinnasta. Lisäksi kytkentärasiat, kaapelin holkkitiivisteet, sulkutulpat, anturirasiat jne. pitää olla ATEX-hyväksytyjä. [11, s.10.]

6 Sähkösaattojen asennus räjähdysvaarallisissa tiloissa

Sähkösaattojen asentamiseen ATEX-tiloissa on huomioitava monia asioita. Luvussa olen pyrkinyt selventämään tarpeelliset tiedot ja asennustavat, jotka asentajan tarvitsee tietää asentaakseen sähkösaattoja putkistoon. Luvussa on pyritty antamaan mahdollisimman kattavan kuvan sähkösaattojen asennuksesta prosessiteollisuudessa, josta olisi hyötyä uusille saattolämmitysasentajille.

6.1 Sähkölämmitystaulukko

Sähkölämmitystaulukko on tärkeä dokumentti, josta selviää sähkösaaton olennaiset tiedot. Taulukosta selviää lämmitettävän kohteen tiedot, sekä lämpökaapelin tyyppin, kaapelin pituuden, sähkötekniiset ominaisuudet ja säätöarvot. Taulukosta näkee lisäpi-tuudet venttiileille ja kannakkeille lämpöhäviön kompensoinniksi, sekä kaapeleiden lukumäärän. Liitteessä 1 on esimerkki sähkölämmitystaulukosta. Sähkölämmitystaulu-kot on hyvä pitää ajan tasalla kunnossapitoa varten, sillä vian sattuessa saattopiirin huoltaminen nopeutuu.

6.2 Sähkösaattoisometri

Sähkösaattoisometri on asennuspiirustus, joka esittää sähkölämmityspiirin asennuksen kohteessa. Asennuspiirustus tehdään teollisuudessa yleensä putki-isometrin tai laitteen rakennepiirustuksen pohjalle. Ennen sähkösaaton asennusta on hyvä varmistaa, onko lämmitettävä kohde piirustuksen mukainen. Piirustuksesta ilmenee kytkentä- ja muiden rasioiden sijainti sekä antureiden sijainti. Lisäksi piirustuksesta selviää lämmityskaape-lin asennusreitti, saaton ryhmätunnus, kaapelinumerointi, kohteen sijainti ja kohteen korko. Liitteessä 2 on esimerkkikuva sähkösaattoisometristä.

6.3 Sähkösaaton asennus putkistoon

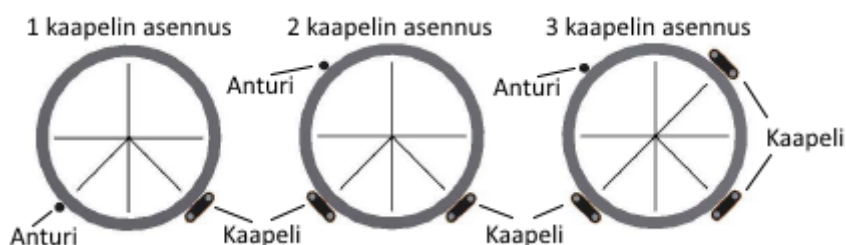
Sähkösaaton asennuksissa kohteen tulee olla puhtaita ruosteesta, öljystä, sekä muista epäpuhtauksista. Asennuksen voi aloittaa vasta sitten, kun kohde on valmis ja saatto-lupa on saatu.

Lämmityskaapelit asennetaan asennusteknisistä syistä suoraan, eikä kiertämällä niitä spiraalille. Spiraaliasennusta voi käyttää rinnakkaisresistanssikaapeleissa, mutta teollisuudessa nykyään kaikki kaapelit asennetaan suoraan asennusteknisistä syistä. Suoraan putken suuntaisesti asennettu kaapeli helpottaa kunnossapitoa vian sattuessa. Vaikka osa lämmityskaapelityypeistä voi osua toisiin tai risteillä, niin hyviin asennustapoihin kuuluu asentaa kaapelit suoraksi ja erilleen toisistaan.

Metallivaippaiset kaapelit sidotaan teräsvanteilla noin 30 cm:n välein. Asennuksessa voi käyttää apuna lasikuituteippiä. Vanteet kiristetään kiristysvannekoneella sopivasti, että lämpökaapelit ovat putken pinnassa kiinni. Lämmitettävä kohde voi olla ruostumatonta, niin silloin käytetään ruostumatonta teräsvannetta. Ohuiden alle 2":n putkien lämmityskaapelin asennuksissa voidaan käyttää sinkittyä tai ruostumatonta sideverkkoa, jota pyöritetään putken ympärille samalla kiristäen lämmityskaapelit putken pintaan kiinni. Verkottamalla sideväli on putken halkaisijan suuruinen etenemä. Venttiilit sidotaan esimerkiksi sideverkolla. Asennuksessa on hyvä muistaa, että metallivaippaisten kaapeleiden pienin taivutussäde on suurempi kuin kolme kertaa kaapelin halkaisija. Kaapelit eivät saa osua toisiinsa eivätkä risteillä toistensa yli.

Muovivaippaiset kaapelit kiinnitetään putkiin lasikuituteipillä ja jossain tapauksissa sideverkolla riippumatta putken koosta. Metallivanteita ei saa käyttää. Sideverkko voi olla sinkittyä tai ruostumatonta verkkoa riippuen lämmitettävän kohteen materiaalista.

Lämmityskaapelit pyritään sijoittamaan aina lämmitettävän kohteen alapuolelle lämmitystehon hyödyntämiseksi ja pystyosuudella kaapelit asennetaan tasavälein putken ympärille. Kuvassa 9 on havainnointikuva yhden tai useamman kaapelin sijoituksesta putkelle.



Kuva 9. Esimerkkikuva sähkösaaton sijoituksesta putkistoon [14.]

paikoista ja merkinnät tulee sijoittaa näkyville paikoille, mikä helpottaa lämmitetyn kohteen löytämistä.



Kuva 11. Esimerkki varoitustarrasta sekä sähkölämmityspiirin tunnuksesta [13.]

6.4 Sähkösaaton kytkentärasian asennus

Rasiat pyritään asentamaan aina mahdollisimman helposti luokse päästäviin paikkoihin, sillä se helpottaa huoltoa ja kunnossapitoa. Rasiat asennetaan pääasiassa lämmitettävän putken alapuolelle, siten ettei vesi valu asennuslevyn kautta villaeristykseen.

Rasialevyt kiinnitetään vanteella tukevasti putkeen, ettei ne irtoa esimerkiksi tärinästä. Anturit ja lämpökaapelin suojaletkut taivutetaan siististi rasialevyn jalkaa pitkin lämmitettävän kohteen pinnalle. Muovivaipaiset kaapelit suojataan valolta kaapelikohtaisella suojaletkulla läpiviennistä rasialle asti. Kuvassa 12 on esimerkki rasioiden asennuksesta.

Rasiat merkitään kaiverretuilla tunnuskilvillä, jotka sijoitetaan rasialevyyn siten, että se on helposti luettavissa.



Kuva 12. Esimerkki rasioiden asennuksesta [13.]

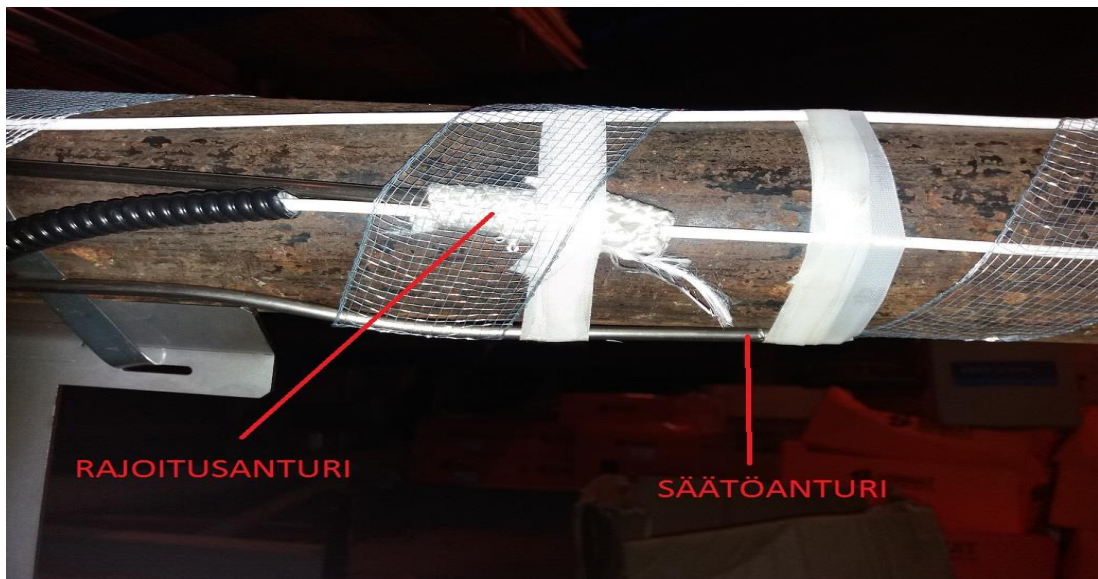
6.5 Säättö- ja rajoitusanturien asennus

Sähkösaattoisometrasta selviää mihin kohtaan lämmitettävään putkeen anturit sijoitetaan.

Säättöanturi asennetaan putken tai laitteen pinnalle, josta mitattu lämpötila edustaa koko lämmityspiiriä. Säättöanturi pitää asentaa siten, että siihen ei vaikuta suoraan lämpökaapelin lämpövaikutus tai kannakkeiden kylmäsiilat. Anturi on sidottava tiukasti kohteen pintaan esimerkiksi lasikuituteipillä. Lisäksi pitää varmistaa, ettei lämpökaapelit pääse liikkumaan anturin mittauspäähän tai muut ulkoiset tekijät vaikuttamaan anturin mittaukseen. Jos saattopiirissä on useampi lämpökaapeli, anturi yleensä asennetaan niiden väliin.

Rajoitusanturi asennetaan yleensä suoraan saattokaapelin pinnalle. Anturi sidotaan tiukasti kiinni lämpökaapeliin käyttäen alumiinifoliota tai lämmönsiirtomassaa tarkan termisen kosketuksen varmistamiseksi. Anturin kiinnittämisessä tulee varmistaa, että anturin sijainti edustaa kuuminta kohtaa saattopiirissä. Lisäksi pitää varmistaa, ettei anturi pääse löystymään ajan kuluessa tai lämpötilan vaihtelun eikä huoltotoimenpiteiden takia [12, s.117.]

Kuvassa 13 on esimerkiasennus antureiden kiinnittämisessä sekä niiden sijainti lämmitettävän putken pinnalla.

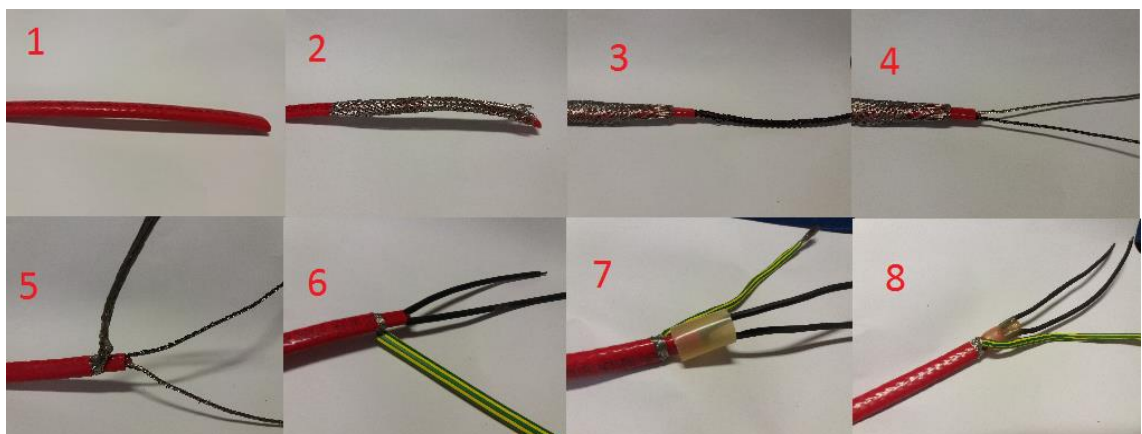


Kuva 13. Esimerkki Rajoitus- ja säätöanturin asennuksesta [13.]

6.6 Itserajoittuvan kaapelin päättäminen

Tässä kappaleessa havainnollistetaan räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvan itserajoittuvan kaapelin kytkentä- ja loppupääteen tekemistä.

KytKentäpääteen tekeminen

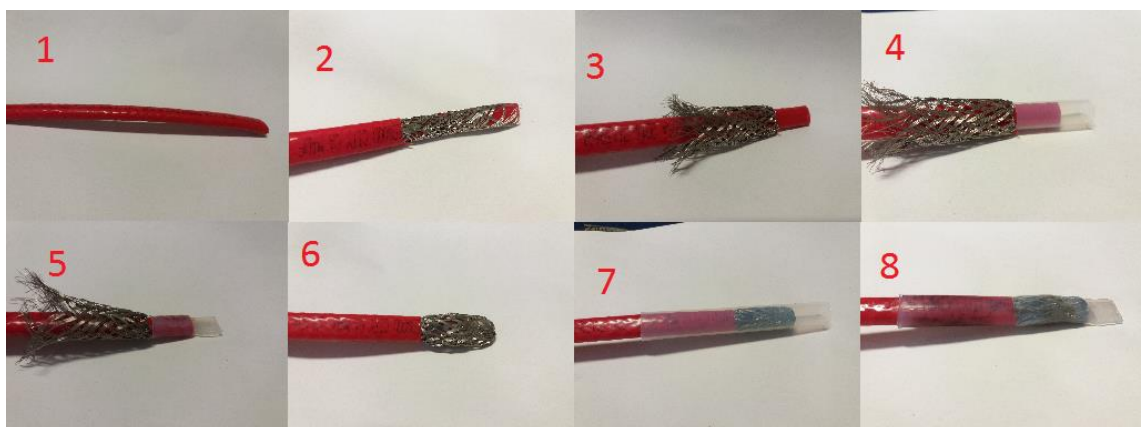


Kuva 14. KytKentäpääteen tekeminen [13.]

Kuvassa 14 on esitetty kytKentäpääteen tekemisen työvaiheet kuvina. KytKentäpääteen havainnollistamisen pohjana käytetään Bilfingerin asennusohjetta EXR-5 (liite 4).

1. Ensin leikataan ulkovaippa auki 15,5 cm ilman, että vahingoitetaan sen alla olevaa suojauskerrosta.
2. Poistetaan leikattu ulkovaippa.
3. Puretaan suojauskerros ja kieritetään monisäikeiseksi johtimeksi sekä leikataan sisempi vaippa 14 cm:n verran.
4. Poistetaan sisempi vaippa, irrotetaan johtimet vastusmateriaalista sekä poistetaan vastusmateriaali johtimien välistä.
5. Suoristetaan johtimet.
6. Pujotetaan mustat kutistesukat johtimien päälle. Keltavihreä kutiste pujotetaan kierretyn suojauskerroksen päälle. Sukat kutistetaan kuumailmapuhallinta käyttäen tasaisesti.
7. Pujotetaan kutistemuovi johtimien tyveen ja kutistetaan se. Tämän jälkeen puuristetaan se johtimien välistä välittömästi kärkipihtejä käyttäen.
8. Tältä näyttää valmis kytkentäpää.

Loppupäätteen tekeminen



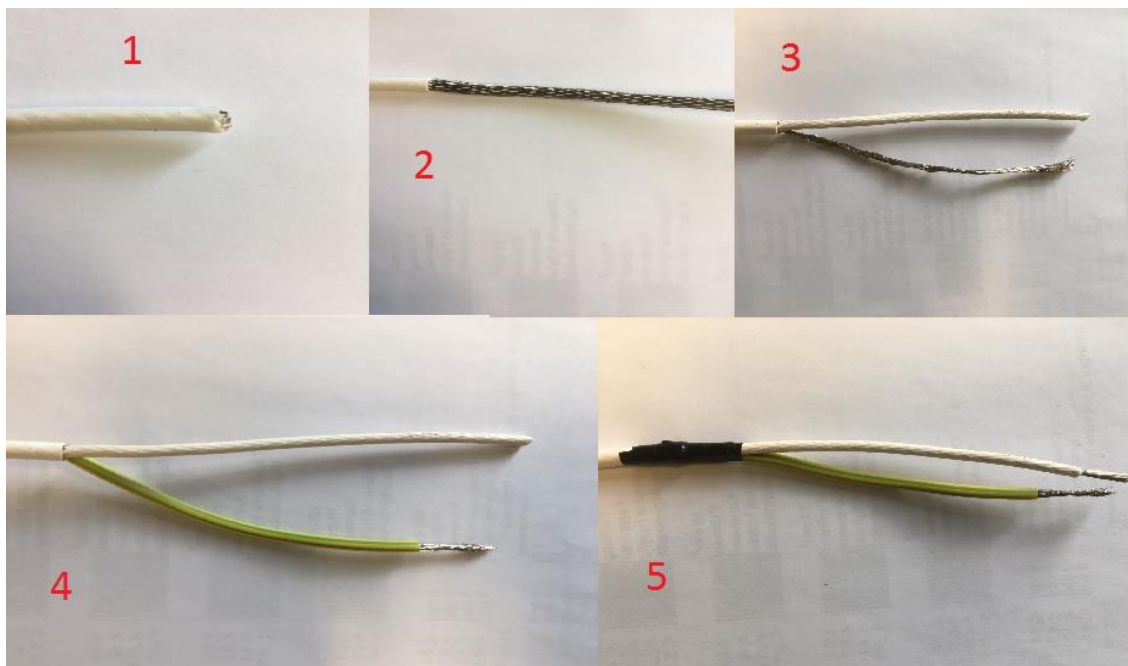
Kuva 15. Loppupään tekeminen [13.]

Kuvassa 15 on esitetty loppupäätteen tekemisen työvaiheet kuvina. Loppupäätteen tekemisen ohjeistuksen pohjana on käytetty Bilfingerin asennusohjetta EXL-5 (liite 5).

1. Leikataan ulkovaippa auki 30 mm kaapelin päästä vahingoittamatta suoja-punosta, joka sijaitsee ulkovaipan alla.
2. Poistetaan leikattu ulkovaippa.
3. Vedetään suojapunos taaksepäin kaapelin suuntaisesti ja leikataan kaapelin päästä 15 mm pois.
4. Kutistesukka asetetaan kaapelin päähän.
5. Kutistesukka kutistetaan kuumailmapuhallinta käyttäen niin, että sukan liima tu-lee näkyviin, minkä jälkeen sukan päät puristetaan kärkipihdeillä yhteen.
6. Vedetään suojapunossäikeet kutistetun sukan yli ja kierretään säikeet yhteen.
7. Asetetaan kutistesukka siten, että sitä jää 15 mm kaapelin ulkopuolelle. Sukka kutistetaan kuumailmapuhaltimella tasaisesti, minkä jälkeen sukan pää sulje-taan kärkipihdeillä.
8. Tältä näyttää valmis loppupää.

6.7 Vakiovastuskaapelin kytkentäpäähän tekeminen

Tässä alaluvussa havainnollistetaan räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvan vakiovas-tuskaapelin kytkentäpäätteen tekemistä. Päätteen tekeminen on helppoa ja yksinker-taista. Vakiovastuskaapelin kytkentäpäähän tekemisen työvaiheet selostetaan seuraa-vaksi kuvien avulla (kuva 16).



Kuva 16. Vakiovastuskaapelin kytkentäpään tekeminen [13.]

1. Kuoritaan ulkovaippa noin 15 cm verran vahingoittamatta vaipan alla olevaa suojausnosta.
2. Poistetaan kuorittu ulkovaippa.
3. Suojausnosta puretaan ja kieritetään erilliseksi johtimeksi, joka toimii maadoitusjohtimena.
4. Keltavihreä suojasukka pujotetaan maadoitusjohtimen päälle.
5. Suojasukka teipataan juuresta tukevasti kiinni, minkä jälkeen päätte on valmis.

6.8 Metallivaippaisen kaapelin vaihtojatkon tekeminen

Metallivaippaisia kaapeleita käytetään paljon räjähdysvaarallisissa tiloissa. Niiden tekeminen on haasteellista ja sisältää monta työvaihetta. Jatkon työstämisen aikana johtimet on kuorittu näkyviin. Magnesiumoksidieriste imee herkästi ilman kosteutta, mikä puolestaan huonontaa eristysvastusta. Mikäli näin käy, kosteus tulee poistaa välittömästi ennen työn jatkamista. Kosteuden saa poistettua juotosliekillä.

Kylmäkaapelit liitetään jatkoholkilla lämmityskaapeliin. Ennen kuin alkaa työstämään kaapeleita, pitää tarkistaa piirivastus sekä eristysresistanssi käyttämällä eristysvastusmittaria. Seuraavaksi kerrotaan, millä tavoin metallivaippaisen kaapelin vaihtojatko tehdään. Ohjeesta on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertainen. Ohjeen tekemisen pohjana on käytetty Bilfingerin jatkoliitosohjetta (liite 6).

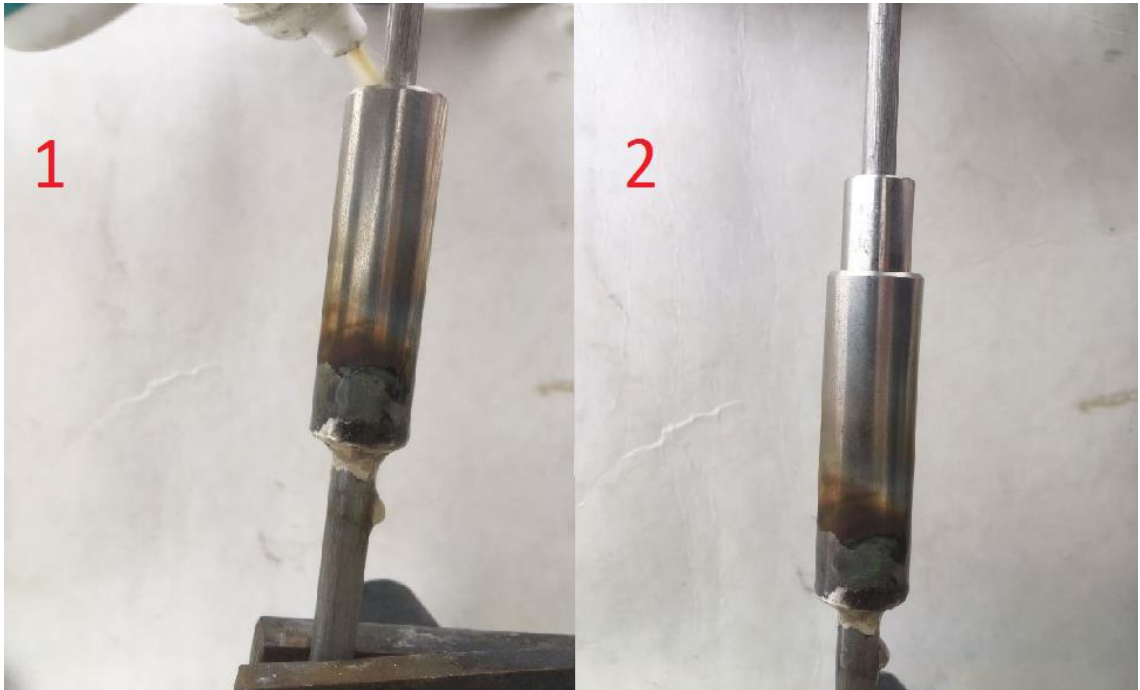
Kuvassa 17 on esitetty, millä tavoin kylmä- ja lämpökaapeleiden johtimet juotetaan toisiinsa. Kaapeleiden päät katkaistaan suoriksi ja niihin pujotetaan kuvanmukaiset holkit. Pujottamisen jälkeen päät kuoritaan. Kun päät on kuorittu ja johtimen ympäriltä poistettu magnesiumoksidieriste, kaapelit asennetaan suoraan jatkotelineeseen siten, että johtimien päät ovat suorassa linjassa toisiinsa. Sen jälkeen johtimet juotetaan juotshopealla toisiinsa kiinni kuvan mukaisella tavalla. Juottamisen jälkeen johtimet puhdistetaan poistamalla juoksutteet.



Kuva 17. Kylmä- ja lämpökaapeleiden johtimien juottaminen [13.]

Johtimen juottamisen jälkeen jatkoholkki asetetaan kaapelille siten, että se keskitetään liitoskohtaan. Keskitämisen jälkeen jatkoholkki juotetaan toisesta päästä kiinni ja täytetään se magnesiumoksidieristeellä, mikä näkyy kuvan 18 kohdassa 1. Tämän jälkeen vastaholkki naputetaan tiukasti kiinni holkkiin kiinni, mikä näkyy kuvan 18 kohdassa 2. Tällä varmistetaan se, että magnesiumoksidieriste menee jatkos sisällä joka paikkaan eikä siihen jää tyhjiä kohtia, sekä se, ettei liitos pääse liikkumaan jatkos sisällä lämpötilavaihtelun vuoksi. Tässä vaiheessa on hyvä tarkistaa, että eristysresistanssi ja piirivastus ovat kunnossa. Tämän jälkeen juotetaan holkin toinen pää kiinni tiiviisti, ettei

juotossaumoihin jää reikiä, joista kosteutta pääsisi sisään. Kun jatko on juotettu, jatkon päälle kaadetaan vettä, jolla se jäähdytetään. Tämän jälkeen tarkastetaan juotoksen tiiviys.



Kuva 18. Jatkoholkin juottaminen [13.]

Jäähdyttämisen jälkeen jatko hiotaan puhtaaksi (kuva 19). Hiomalla jatko puhtaaksi varmistetaan se, ettei juotossaumoihin jää reikiä, joista kosteutta pääsisi sisälle. Hiotun jatkon päälle kaadetaan vielä uudestaan vettä, jonka jälkeen mitataan vielä eristysvastus ja piirivastus, jolloin varmistetaan, että jatko on kunnossa.



Kuva 19. Valmis jatko [13.]

Kuvassa 20 näkyy metallivaippainen lämmityskaapeli, johon molempiin päihin on kiinnitetty kylmäkaapeli jatkokolla. Tältä näyttää kaapeli, joka on valmis asennettavaksi.



Kuva 20. Valmis metallivaippainen lämmityskaapeli [13.]

6.9 XTV- ja KTV-saattokaapelin maksimipituudet

Seuraavassa käsitellään kahdeksan erilaisen saattokaapelin maksimipituuksia piiriä kohden eri lämpötiloissa. Jokaiselle kaapelityypille on määritetty nimellinen lähtöteho.

Piirin maksimipituus määritellään standardin EN 60898 mukaan, kun käytössä on C-tyyppin suojakatkaisimet. Kaapelityyppien valmistaja Pentair Thermal Management vaatii 30 mA:n vikavirtakytkimen käyttöä tulipalovaaran estämiseksi ja turvallisuuden taakamiseksi.

Taulukossa 1 on viitteelliset luvut pituuden arvioimiseen. Raychemin XTV- ja KTV-saattokaapelityyppien pituudet riippuvat käynnistyslämpötilasta. Esimerkiksi 4XTV-saattokaapelia voidaan kytkeä päälle 16 A:n johdonsuoja-automaatilla -20 asteessa 145 metriä. 10 lämpöasteessa voidaan puolestaan samaa kaapelia kytkeä päälle 170 metriä. [3.]

Taulukko 1. Luettelo maksimipituuksista, jotka on koottu Raychemin tiedoista 2017.

Lämpökaapelityyppi:	4XTV	8XTV	12XTV	15XTV	5KTV	8KTV	15KTV	20KTV	
Lähtöteho(W/m 10°C:ssa):	12	25	38	47	16	25	47	66	
	Käynnistys-								
SULAKE	lämpötila	Lämpökaapelin maksimipituus piiriä kohden (m)							
16A	-20°C	145	90	65	55	130	95	60	40
	+10°C	170	105	75	60	145	105	65	45
25A	-20°C	225	145	105	85	205	150	90	65
	+10°C	245	165	120	95	230	165	100	75
32A	-20°C	245	175	135	105	230	180	115	85
	+10°C	245	175	140	125	230	180	130	95
40A	-20°C	245	175	140	135	230	180	130	105
	+10°C	245	175	140	135	230	180	130	110

7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tehdä selkeä asennusopas uusille sähkösaattoasentajille, joilla ei ole entuudestaan mitään kokemusta sähkösaatoista ja niiden asentamisesta. Työssä pyrin selventämään sähkösaaton termistöä ja sitä, millaisia vaatimuksia räjähdysvaaralliset tilat tuovat sähkösaatoille. Lisäksi käytin käytännön kuvia asennuksista, joista saa selkeän käsityksen käytännön asennuksista. Pääpaino oli kuitenkin luoda selkeä sähkösaaton asennusopas, jolla uusi asentaja perehtyy nopeammin sähkösaattojen asentukseen.

Aiheena työ oli sopivan haastava, vaikka minulla on käytännön kokemusta sähkösaattojen asentamisesta. Opin paljon uusia asioita standardeista ja räjähdysvaarallisten tilojen vaatimuksista. Haastavinta oli tässä työssä luoda mahdollisimman yksinkertainen ja selkeä opastus, jonka avulla lukija ymmärtää ja sisäistää luomani oppaan materiaalin.

Lähteet

- 1 ST-ohjeisto 11. Teollisuuden lämmityskaapelit, suunnittelu ja asennus
<<https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.metropolia.fi/item/2356?search=sahkosaatto>> Luettu 13.02.2017
- 2 Prosessilämpötilan ylläpito. Verkkodokumentti. Pentair.
<<http://www.pentairthermal.fi/application/for-industrial-facilities/process-temperature-maintenance/index.aspx?seg=industrial>> Luettu 13.02.2017
- 3 Putkien sulanapito teollisuudessa. Verkkodokumentti. Pentair.
<<http://www.pentairthermal.fi/application/for-industrial-facilities/pipe-freeze-protection/index.aspx?seg=industrial>> Luettu 13.02.2017
- 4 ST- käsikirja. Teollisuuden sähkölämmityskaapeloinnit, suunnittelu- ja asennusohje. 1993. Espoo: Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy.
- 5 SFS-EN 60079-30-2. Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 30-2: Sähkösaatot. Soveltamisohjeita suunnitteluun, asentamiseen ja kunnossapitoon. 23.6.2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS Ry.
- 6 Sarjavastulämpökaapeli. Verkkodokumentti. Pentair.
<http://www.pentairthermal.fi/Images/FI-HEWITHERMXPI-DS-DOC2210_tcm488-27324.pdf> Luettu 13.02.2017
- 7 Vakioimetrittehoinen lämpökaapeli. Verkkodokumentti. Pentair.
<<http://www.pentairthermal.fi/products/heating-cables/parallel-constant-wattage/index.aspx?seg=industrial>> Luettu 13.02.2017
- 8 Elset 2100. Verkkodokumentti. Bilfinger Industrial services Finland oy.
<<http://www.is-finland.bilfinger.com/palvelut/saattolaemmitysmyynti/>> Luettu 13.02.2017
- 9 ATEX-opas. Verkkodokumentti. Tukes.
<http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf> Luettu 13.02.2017
- 10 Elset käyttöohjeet. Bilfinger. Luettu 13.02.2017
- 11 SFS-EN 60079-30-1. Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 30-1: Sähkösaatot. Yleiset ja testausvaatimukset. 23.6.2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS Ry.

- 12 SFS-EN 60079-14. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. 27.4.2015. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS Ry.
- 13 Bilfinger. Yhtiön sisäinen koulutusmateriaali. Luettu 13.02.2017
- 14 Saattolämmityksen asennus. Verkkodokumentti. Pistesarjat.
<<https://www.pistesarjat.fi/fi/artikkelit/teollisuussaattolammityksen-asennus>>
Luettu 13.02.2017



SÄHKÖSAATON TYÖKORTTI

Sähkösaattokortti

Laitos	Putki tai säiliö	Sähkösaattotunnus	Ura koitsijan työnro.
Tasopiir.	Isometrinen piir.	Kytk.piir.	Työ nro.
Suunn. mita Lk	m	Kaapelityyppi	
Todettu mita Lk	m		
Lämpökaapeli silmukoita	kpl		
Lämpökaapeli vastus r	Ω / m		
Lämpökaapeli vastus R	Ω / silm.	Arvioitu alk. pvm	Saattolupa pvm
Esivalmistus		Työt aloitettu pvm	Työt valm. pvm
Asennus kentällä			Eristyslupa pvm
KOESTUKSET		ERISTYSVASTUS / M Ω	PIIRIVASTUS Ω
Esivalmistus pvm	koest.	1 2 3	1 2 3
Lopullinen pvm	koest.	L1 L2 L3	L1-L2/N L2-L3/N L3-L1/N
Esivalmistaja		Asentaja kentällä	
Huomautukset			
Urakoitsija tai työsuunnittelija	Työnjohtaja	Asennusvalvoja,pvm	

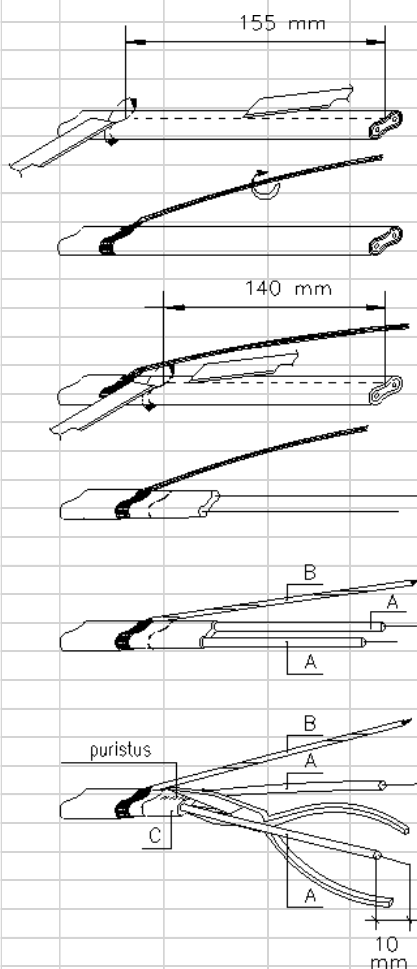
Asennusohje EXR-5


BILFINGER
EXR-5
**LÄMPÖKAAPELIN KYTKENTÄPÄÄTE
RÄJÄHDYSVAARALLISISSA TILOISSA
1 JA 2**

Pakkaus sisältää:

- 2 kpl musta kutistemuovi (130 mm), **A**
- 1 kpl ke-vi kutistemuovi (140 mm), **B**
- 1 kpl keltainen kutistemuovi (25 mm), **C**
- 1 kpl tiivistekumi

Kaapeli käsitellään seuraavien kuvien mukaisesti:



Ex II 2 G Ex e IIC Gb CE 0537

VTT 14 ATEX 038X

ASENNUSOHJE EXR-5
Huom!

 Kyt Kentäpää tteen käyttölämpötila-alue
-40°C... +60°C

HUOM!

 Kuumailmapuhallinta käyttäessä ilman
lämpötila tulee olla vähintään 400°C.
Lämmitä tasaisesti jatkoksia niin, että
kutisteen liima tulee näkyviin. Purista
kärkipihdeillä välittömästi lämmityksen
jälkeen kutisteen molemmat päät.

 Leikkaa ulkovaippa auki 155 mm ja poista
se, vahingoittamatta alla olevaa
suojapunos ta.

 Pura suojapunos esim. ruuvimeisselillä ja
kieritä se monisäikeiseksi johdoksi.

 Leikkaa eristevaippa auki 140 mm ja
poista se.




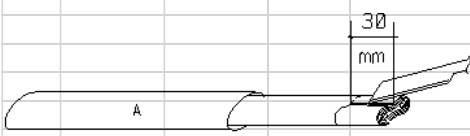
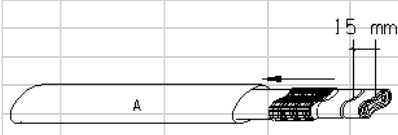
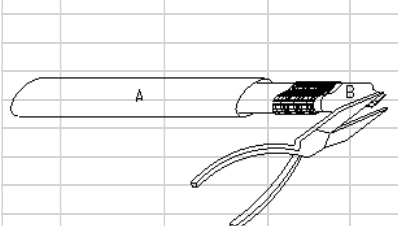
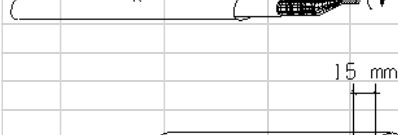
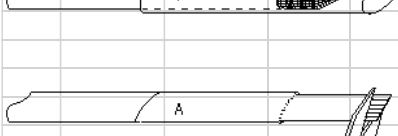

 Irroita johtimet vastusmateriaalista ja poista
vastusmateriaali niiden välistä.
Suorista johtimet.

 Pujota kutistejatkot **A** johtimien päälle ja
kutista ne.

 Pujota ke-vi kutistemuovi **B** monisäikeiseksi
johdoksi kierretyn johdon päälle ja
kutista se.

 Pujota kutistemuovi **C** johtimien tyveen ja
kutista se kuvan osoittamalla tavalla.
Purista välittömästi kärkipihdeillä kuvan
osoittamasta paikasta.

Asennusohje EXL-5

 <p>BILFINGER</p>	<p>  II 2 G Ex e IIC Gb  0537 </p> <p>VTT 14 ATEX 038X</p>
<p>LÄMPÖKAAPELIN LOPPUPÄÄTE RÄJÄHDYSVAARALLISISSA TILOISSA 1 JA 2</p>	<p>ASENNUSOHJE EXL-5</p>
<p>Pakkaus sisältää: 1 kpl kirkas kutistemuovi (100 mm), A 1 kpl kirkas kutistemuovi (30 mm), B</p>	<p>Huom! Loppupäätteen käyttölämpötila-alue -40°C... +250°C</p>
<p>Kaapeli käsitellään seuraavien kuvien mukaisesti:</p>	
	<p>HUOM! Kuumailmapuhallinta käyttäessä ilman lämpötila tulee olla vähintään 400°C. Lämmitä tasaisesti jatkoksia niin, että kutisteen liima tulee näkyviin. Purista kärkipihdeillä välittömästi lämmityksen jälkeen kutisteen molemmat päät.</p>
	<p>Leikkaa ulkovaippa auki ja poista se, vahingoittamatta alla olevaa suoja-punosta. 30 mm kaapelin päästä. Ennen sitä työnä kutistemuovi A lämpökaapelin päälle.</p>
	<p>Vedä suoja-punos taaksepäin. Leikkaa kaapelin päästä 15 mm pois.</p>
	<p>Aseta kutisteletku B kaapelin päähän ja kutista se kuvan osoittamalla tavalla. Purista välittömästi kärkipihdeillä kuvan osoittamasta paikasta</p>
	<p>Vedä suoja-punoksen säikeet kutistemuovi B:n yli ja kierrä ylijäämä säikeet yhteen.</p>
	<p>Pujoita kutistemuovi A kaapelin päälle siten, että 15 mm jää kaapelin ulkopuolelle.</p> <p>Kuumailmapuhalla tasaisesti ja purista kärkipihdeillä kutisteen molemmista päistä. Varmista että liima pursuaa näkyviin. Ellei, niin lämmitä ja purista uudestaan.</p>

Suoraliitos toimenpide

TRMLTD

Suoraliitos jatkoliitos

Toimenpide nro: HP007

Työmaalla tapahtuva suoraliitos metallivaippaisille lämpökaapeleille.

Liitos on tarkoitettu yhdistämään mineraalieristettyjä lämmityskaapeleita toisiinsa. Liitosta voidaan käyttää maksimitoimintalämpötilaan +600°C asti.

Materiaalit:

- Jatkoholkki suoralle liitokselle
- **Juotoshopea esim. AG13 ja 14**
- juoksute
- magnesiumpulveria (SMP)

Työkalut ja tarvikkeet:

- eristysvastusmittari (**mittausjännite 500-1000V**)
- tarvittaessa rautasaha kaapelin katkaisemiseen
- terävät sivuleikkurit
- vaipan kuorintaväline, **esim. putkileikkuri tai sivuleikkurit**
- (veitsi juoksutteen poistamiseen)
- pieni viila
- hienoa hiekkapaperia juoksutteen poistamiseen
- **kaapelinjatkoteline**
- **happi- ja asetyleenijuotosvälineet**
- tarvittava juotospilli
- esim. liina juotoksen kastelussa
- vettä

Kaapeleiden valmistelu

1. Tarkista **piirivastus** yhdistettävistä kaapeleista. Jos piirivastusta ei löydy, älä jatka liitoksen tekoa ennen kuin lämpökaapelipiiri on kunnossa.
2. Tarkista liitettävien kaapeleiden eristysvastus. Jos se on vähintään tyydyttävä (1 MΩ?), jatka liitoksen tekoa; jos se on kelvoton, jatka seuraavasti:
 - i) Poista tarvittava osuus kaapeleiden molemmista päistä se mikä voi aiheuttaa pienen eristysvastuslukeman.
 - ii) Kun eristysvastus on palautettu, jatka liitosta (yli 100 megaohmia).

HUOM! Jos eristysvastuslukemaa ei saada hyväksyttävälle tasolle, etsi ja poista vian aiheuttaja.

Liitoksen teko

1. Suorista kaapeleiden päät noin 300mm matkalta ja kuori kaapeleiden keskilangat näkyville n. 5-6mm matkalta.
2. Aseta kaapelit telineeseen jättäen kiinnikkeet löysiksi, jotta molemmat kaapelit pääsevät vapaasti liikkumaan.
3. Muotoile kaapeleiden vaipat, jotta muotti liukuu molempien kaapelin yli helposti.
4. Aseta pieni määrä juoksutetta johtimille, lisää sitten niihin pieni määrä juotoshopeaa.
5. Tuo johtimien päät yhteen telineessä, lisää juoksutetta molemmille johtimille ja juota johtimet yhteen. Varmista, että juotos on valunut tasaisesti kahden johtimen väliin. HUOM: käytä riittävän pientä suutinta hitsauspillissä.
6. Poista kaikki juoksutteen ja juotteen jäännökset keskilangoista ja puhdista vaippa jatkosalueen epäpuhtauksista sekä sovita jatkosholkki.
7. Merkitse lämmityskaapelin jatkoksen lopullinen paikka. Tätä merkkiä käytetään jatkoholkin kohdistamiseen, varmistamaan, että se on keskitetysti kaapeleiden päällä.
8. Täytä jatkoholkki magnesiumjauheella.
9. Aseta jatkosholkki niin, että jatkoholkki kohtaa aiemmin merkityn kohdan ja varmista, että eristeaineen täyttöreikä on ylimmäisenä.
10. Lämmitä kaapelia jatkon molemmilta puolilta, aloittaen n.300mm päästä liitoksesta ja siirry kohti jatkosta. HUOM: Riippuen kaapelin koosta ja materiaalista, voi olla suositeltavaa löysätä kaapelipidikkeitä estääksesi kaapelin taipuminen lämmittämisen aikana.
11. Lisää juoksutetta jatkosholkin päihin ja kaapelin vaippaan ja juota jatkosholkki tiiviisti kaapeliin ja täytä mahd. ylivuotoreikä juotoshopealla.
12. Jäähdytä ja pyyhi jatkos veteen kastetulla liinalla puhdistaaksesi pinnalle jäänyt juotosaine sekä tarkistaaksesi jatkoksen tiiviyyden.
13. Tarkista eristysvastus. Jos piirin eristysvastus on kelvoton, poista tekemäsi jatko ja toista toimenpide kaapeleiden eristysvastuksen tarkastamisesta lähtien.
14. Jos se eristysvastus on hyväksyttävä, puhdista jatkos juoksutteesta ja jatkos on valmis.