

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# JOHTOREITTIEN KUNTOKARTOITUS YARAN FOSFORIHAPPOTEHTAALLA

TEKIJÄ Tuomas Tissari

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Tuomas Tissari	
Työn nimi Johtoreittien kuntokartoitus Yaran Fosforihappotehtaalla	
Päiväys 12.02.2024	Sivumäärä/Liitteet 45/5
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Yara Suomi Oy	
Tiivistelmä <p>Siilinjärven Yaralle toteutetussa opinnäytetyössä selvitettiin Fosforihappotehtaan johtoreittien nykytila ja tehtiin korjaavista toimenpiteistä suunnitelma.</p> <p>Fosforihappotehdas aloitti toimintansa vuonna 1969, joten merkittävä osa kaapelireiteistä on rakennettu tuolloin. Toiminnan aloittamisen jälkeen tehtaalla on tehty lukuisia laajennus- ja kehityshankkeita. Ensimmäinen merkittävä laajennus oli vuonna 1973, jolloin tuotantokapasiteettia nostettiin lähes kaksinkertaiseksi 120 000 t P2O5/a. Vuonna 1982 toteutettiin toinen merkittävä investointi. Kolmas merkittävä laajennus toteutettiin vuonna 1991. Nykyisin tavoitellaan tuotantotehoa 315 000 t/a.</p> <p>Lukuisien laajennus- ja kehityshankkeitten vuoksi tehtaan alkuperäiset kaapelointireitit ovat alimitoitettuja. Tällöin kaapeleihin ja kaapelihyllyihin kohdistuvat termiset, mekaaniset, kemialliset sekä sähkömagneettiset vaikutukset ovat suunniteltua suuremmat. Laajennuksien yhteydessä on rakennettu uusia johtoreittejä, mutta myös alkuperäisiä johtoreittejä on hyödynnetty ja ylikuormitettu. Lisäksi laajennushankkeissa on pyritty minimoimaan kustannuksia sekä maksimoimaan käyntiastetta, jonka takia vanhoja käytöstä poistettuja kaapeleita ei aina pureta hyllyiltä pois. Tämä aiheuttaa palokuormaa sekä sähköiskun vaaraa kaapelin johtimissa jännitteen indusoitumisen vuoksi.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena kartoitettiin kohteet, jotka tarvitsevat pikaista korjausta. Kohteista tehtiin korjaussuunnitelma työn toteuttamisen ja kustannuksien osalta. Opinnäytetyössä todettiin että, kaapelien purkua ja hyllyjen uusintaa kannattaa tehdä systemaattisesti. Se maksaa itsensä takaisin ja parantaa turvallisuutta.</p>	
Avainsanat Kaapelihylly, kaapeli, maadoitus, kaapelireitti,	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Tuomas Tissari	
Title of Thesis Condition survey of cable trays at Yara's Phosphoric acid plant	
Date 12.02.2024	Pages/Appendices 45/5
Client Organisation /Partners Yara Suomi Oy	
<p>Abstract</p> <p>In this thesis, the current state of the cables at Yara Siilinjärvi's phosphoric acid factory was investigated. A plan for corrective measures was made. In this context, electricity distribution routes refer to elements such as cable trays.</p> <p>The Phosphoric Acid Plant was commissioned in 1969 with a production capacity of 60,000 t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/a. A significant portion of the cable routes was constructed at that time. Since the commission, the factory has undergone numerous expansion and development projects. The most notable expansions occurred in 1973, 1982, and 1991, with the current achievable production capacity of 315,000 t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/a.</p> <p>Due to these expansion projects, the original cable routes had become insufficient in size. Consequently, the thermal, mechanical, chemical, and electromagnetic effects on cables and cable trays exceeded the planned specifications. While new routes had been established during expansions, the original routes have also been utilized, leading to overloading. Expansion projects with high focus in cost minimization and maximum utilization often neglect the removal of decommissioned cables. This creates fire load and risks of electric shock in the cable conductors due to the induction of voltage.</p> <p>As a result of the thesis, the objects that need urgent repair were mapped. A repair plan was made for the sites in terms of the implementation of the work and the costs. In the thesis, it was concluded that it is worthwhile to systematically dismantle the cables and renew the shelves. It pays for itself and improves safety.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Cable trays, cable, grounding, cable route,</p>	

## ESIPUHE

Pohdimme viime talvena silloisen fosforihappotehtaan tuotantopäällikön kanssa opinnäytetyön aiheita. Moniakin aiheita nousi mieleen, mutta tämä "fosforihappotehtaan johtoreittien kuntokartoitus" valikoitui opinnäytetyön aiheeksi. Teollisuuslaitoksissa johtoreitit ovat päässeet "rämettymään". Todellisuus tiedostetaan, mutta asialle ei usein tehdä mitään. Syitä voi olla useita. Käytöstä poistettujen kaapeleiden purkaminen on kallista ja työlästä. Usein se voi olla myös vaarallista ja aiheuttaa prosessihäiriöitä. Mutta toisaalta, niin on niiden purkamatta jättäminenkin.

Tässä opinnäytetyössä tehdään johtoreiteille kuntokartoitus ja tehdään korjaussuunnitelma muutamille kohteille.

Haluan kiittää työnantajaani sekä fosforihappotehtaan tuotantopäällikköä Henri Pitkästä tämän opinnäytetyön käytännön osuuden mahdollistamisesta. Lisäksi kiitän opinnäytetyöni ohjaajaa Niilo Kärkäistä, viestinnän opettajaa Teija Tossavaista sekä Yaran sähköpäällikkö Pasi Raatikaista laadukkaasta ohjauksesta ja hyvistä vinkeistä.

Suuri kiitos vaimolleni ja perheelleni kannustuksesta ja ohjauksesta opintojeni aikana sekä koko elämäntaipaleella.

Siilinjärvellä 18.01.2024

Tuomas Tissari

## SISÄLTÖ

ESIPUHE.....	4
1 JOHDANTO .....	8
2 YARA.....	9
2.1 Yara lyhyesti.....	9
2.2 Yara Suomessa .....	9
2.3 Yara Siilinjärvellä .....	10
2.4 Fosforihappotehdas.....	10
2.4.1 Fosforihapon valmistus .....	11
3 JOHTOREITTISUUNNITTELU .....	13
3.1 Kemikaalien ja kaasujen vaikutukset .....	13
3.2 Mekaaninen kuormitus .....	14
3.3 Lämpötilan vaikutus .....	14
3.4 Sääolosuhteet.....	14
3.5 Mekaaninen suojaus.....	14
3.6 Sähkömagneettiset häiriöt .....	15
3.7 Sähköturvallisuusmääräykset .....	15
3.7.1 Johtimen kuormitus .....	15
3.7.2 Suojaus korroosiolta .....	16
3.7.3 Sääolosuhteet .....	16
3.7.4 Mekaaniset rasitukset .....	16
3.7.5 Mekaaniset iskut.....	16
3.7.6 Suojaus sähkömagneettisilta häiriöiltä.....	17
4 JOHTOJÄRJESTELMIEN NYKYTILA FOSFORIHAPPOTEHTAALLA .....	19
4.1 Yleistä.....	19
4.2 10 kV sähkönjakelu .....	20
4.3 400/690 V sähkönjakelu .....	21
4.4 220 VDC jakelu .....	21
4.5 Turvavalistus .....	22
4.6 Potentiaalintasaus ja maadoitusjärjestelmät.....	22
4.7 Automaatiokaapelointi .....	22
4.7.1 Kenttäkaapelointi.....	22

4.7.2	Järjestelmäkaapelointi.....	22
4.7.3	Rakennusautomaatio .....	23
4.8	Sähkötilat .....	23
5	JOHTOREITTIEN UUDISTAMINEN FOSFORIHAPPOTEHTAALLA.....	24
5.1	Johtoreitti FH248A ja FH248B säiliöiden välissä .....	24
5.1.1	Korjaussuunnitelma .....	25
5.1.2	Kaapelihyllyn kuormitus .....	25
5.1.3	Kustannukset .....	26
5.2	Hyllyusinta ja siirto FV285 säiliön trukkiluukun edessä .....	27
5.2.1	Kustannukset .....	28
5.3	Johtoreitti FH285 säiliön yläpuolella.....	29
5.3.1	Kustannukset .....	29
5.4	Kaapelihyllyt FS460 suotimen alapuolella .....	30
5.4.1	Kustannukset .....	30
5.5	Kaapelihyllyt FS460 suotimen ympärillä .....	31
5.5.1	Korjaussuunnitelma .....	31
5.5.2	Kustannukset Haponkestävällä teräksellä .....	31
5.5.3	Kustannukset alumiinisilla tikashyllyillä .....	32
5.6	Käytöstä poistetut kaapelit .....	32
6	KUSTANNUSVAIKUTUS ESIMERKKI .....	35
6.1	Korjauskertoimen vaikutus kaapelin kuormitettavuuteen.....	35
6.2	Kaapelointikustannus .....	36
6.2.1	Esimerkki .....	36
7	TURVALLISUUS .....	37
7.1	Työlupajärjestelmä- Electronic Work Permit (eWP).....	37
7.2	Sähkötyön SSJA lomake (Simplified Safe Job Analysis) .....	38
8	YHTEENVETO.....	39
	LÄHTEET .....	40

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Yara Suomessa ( <a href="https:yara.sharepoint.com">https:yara.sharepoint.com</a> ) .....	9
KUVA 2. P- ketju ( <a href="https:yara.sharepoint.com">https:yara.sharepoint.com</a> ) .....	10
KUVA 3. Fosforihappotuotannon tuotteet ja sivutuotteet ( <a href="https:yara.sharepoint.com">https:yara.sharepoint.com</a> ).....	11
KUVA 4. Eri tuotehappojen valmistusosuudet ( <a href="https:yara.sharepoint.com">https:yara.sharepoint.com</a> ).....	11
KUVA 5. Laimean fosforihapon valmistus kaaviona ( <a href="https:yara.sharepoint.com">https:yara.sharepoint.com</a> ) .....	12
KUVA 6. SFS 6000-444.6.2 Esimerkkikuva eri kaapelityyppien erillään pitämisestä ( <a href="https://online.sfs.fi">https://online.sfs.fi</a> ) .....	18
KUVA 7. Kaapelihylly FS460 suotimen vieressä (Tissari, Tuomas 2023) .....	19
KUVA 8. Käytöstä poistettuja 10 kV kaapeleita (Tissari, Tuomas 2023) .....	20
KUVA 9. Hyllyreitit risteyskohta FHT alakerrassa (Tissari, Tuomas 2023).....	21
KUVA 10. Johtoreitti FH248A ja FH248B säiliöiden välissä (Tissari, Tuomas 2023) .....	24
KUVA 11. Tikashylly ENSTO NH160 6000 mm kuormitettavuustaulukko ( <a href="https://verkkokauppa.sonepar.fi">https://verkkokauppa.sonepar.fi</a> ) .	26
KUVA 12. Tikashylly ENSTO NH160 6000 mm ( <a href="https://verkkokauppa.sonepar.fi">https://verkkokauppa.sonepar.fi</a> ) .....	26
KUVA 13. Uusittava kaapelihylly FV258 säiliön trukkiluokun edessä (Tissari, Tuomas 2023) .....	27
KUVA 14. Uusittava kaapelihylly FV258 säiliöllä (Tissari, Tuomas 2023) .....	28
KUVA 15. Uusittava kaapelihylly FH285 säiliön yläpuolella (Tissari, Tuomas 2023).....	29
KUVA 16. Uusittava kaapelihylly FS460 suotimen alapuolella (Tissari, Tuomas 2023).....	30
KUVA 17. Kaapelihylly FS460 suotimen luona (Tissari, Tuomas 2023).....	31
KUVA 18. Purkamattomia instrumentointikaapeleita FVL3 alakerrassa (Tissari, Tuomas 2023).....	32
KUVA 19. Purkamattomia instrumentointikaapeleita FRK5 ristikytkentätilassa (Tissari, Tuomas 2023) .....	33
KUVA 20. Purkamattomia kaapeleita väkeväntilaitoksella (Tissari, Tuomas 2023) .....	34

## 1 JOHDANTO

Tekniikka kehittyy huimaa vauhtia ja kaapelointijärjestelmiltä vaaditaan erilaisia ominaisuuksia kuin 1960- luvulla, jolloin fosforihappotehdas on suunniteltu ja rakennettu. Kaapeleiden määrä on lisääntynyt ja sähkömagneettisen yhteensopivuuden vaateet ovat korostetusti esillä. Tehoelektroniikan lisääntyessä moottorien ohjauksissa häiriölähteiden määrä on lisääntynyt. Lisäksi kenttäautomaation lisääntyminen ja modernisointi tuo enenevässä määrin häiriöille alttiita laitteita.

Aikoinaan kaapelihyllyt- ja reitit rakennettiin kestäväksi. Tuolloin käytettiin massiivisia teräksestä valmistettuja kaapelihyllyjä ja kannakkeita. Tämä tekniikka palveli aikanaan sen aikaisia tarpeita hyvin. Mutta kuten edellä tiivistelmässäkin on mainittu, niin fosforihappotehtaassa ja teollisuuslaitoksissa yleensäkin muutos- ja laajentamistarpeita tulee säännöllisin väliajoin eteen. On tehty useita tuotantokapasiteettia kasvattavia tehdaslaajennuksia ja kokonaan uusia osaprosesseja. Tällöin kaapelireittejä on rakennettu uusia, mutta myös vanhoja reittejä on hyödynnetty.

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan kaapelointireittien nykytilaa ja tehdään suunnitelma niiden korjaamiseksi. Suunnitelmassa käydään läpi tekninen toteutus sekä tehdään korjauksesta taloudellinen arvio.

Kuntokartoitusta on tehty pääosin silmämääräisesti, mutta myös teknisiä apuvälineitä on hyödynnetty mm. lämpökameraa. Tässä yhteydessä on todettu, että lämpökuvaamalla johtoreittejä, ei ole havaittu merkittävää kaapeleiden lämpenemisestä. Tämä ei kerro kuitenkaan koko totuutta, vaan aikaisempien hyllyusintojen yhteydessä on havaittu, että kaapeliniippujen sisällä on todella kuumia kaapeleita. Liitteessä 3 on lämpökameran kuva eräästä kohteesta.



## 2 YARA

Tässä pääluvussa esitellään Yaraa ja sen toimintaa. Tiedot ovat peräisin Yaran internetsivuilta. (Yara, ei pvm)

### 2.1 Yara lyhyesti

Yara on lannoitteiden, teollisuuskemikaalien ja ympäristösuojelutuotteiden valmistaja. Yaralla on noin 17000 työntekijää yli 60 maassa. Liikevaihto on noin 15 miljardia euroa. Yhtiön missiona on vastuullinen maailman väestön ruokkiminen ja planeettamme suojeleminen. Yaran strategian keskiössä on osallistua ilmastoneutraaliin ruoantuotantoon tarjoamalla kestäviä ratkaisuja ja työkaluja.

### 2.2 Yara Suomessa

Yaralla on Suomessa tuotantolaitokset Siilinjärvellä, Uudessakaupungissa ja Kokkolassa. Lisäksi Nokialla ja Viitasaarella on kierrätyslannoitteita valmistavat tuotantolaitokset. Siilinjärvellä sijaitsee EU alueen ainoa fosfaattikaivos, josta saadaan maailman puhtainta fosfaattia lannoitteiden raaka-aineeksi. Yaralla on Kotkanniemessä tutkimusasema, jossa kehitetään viljelyratkaisuja maanviljelyn kannattavuuden ja kestävyysparantamiseksi.



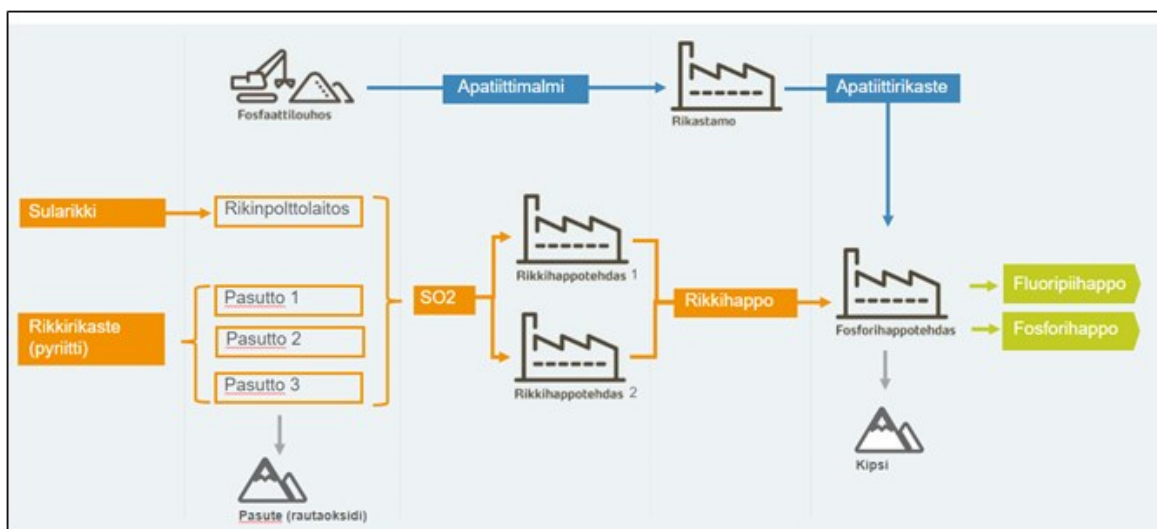
KUVA 1. Yara Suomessa (<https:yara.sharepoint.com>)

## 2.3 Yara Siilinjärvellä

Yaralla on Siilinjärvellä fosfaattikaivos ja rikastamo. Lisäksi toimipaikalla on fosforihappotehdas, lannoitetehtas, typpihappotehdas, rikkihappotehdas, apatiitinkuivauslaitos, voimalaitos sekä lannoitepakkaamo. Siilinjärven toimipaikka onkin Yaran yksi monipuolisimmista toimipaikoista. Siilinjärvellä valmistetut tuotteet käytetään pääosin kotimaan peltojen ja metsien lannoituksessa. Siilinjärvellä tuotanto on aloitettu vuonna 1969. Kaivoksen tuotanto on aloitettu kymmenen vuotta myöhemmin 1979.

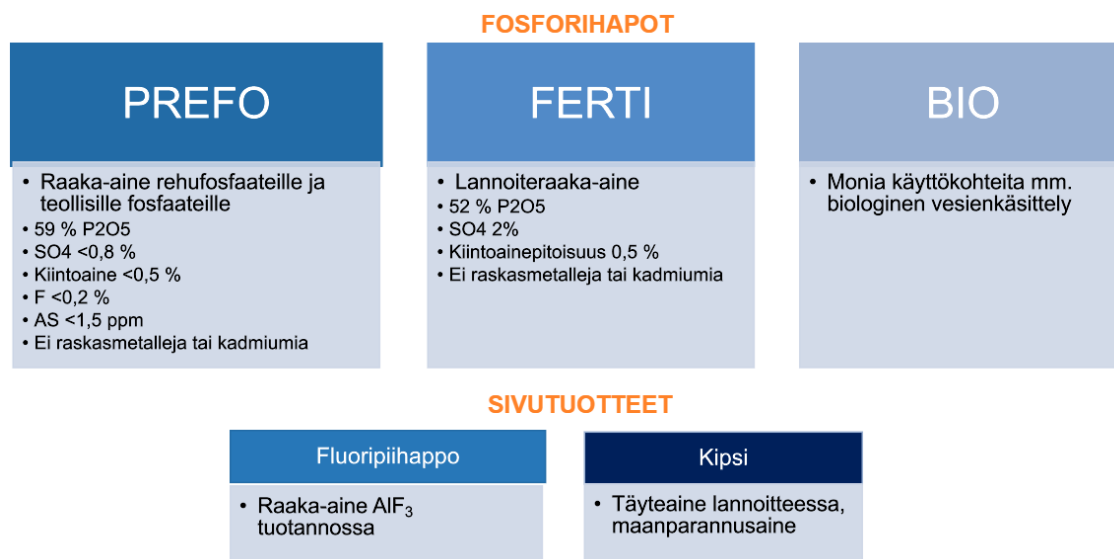
## 2.4 Fosforihappotehdas

Fosforihappotehtaalla apatiittirikasteen sisältämä fosfori liuotetaan väkevällä rikkihapolla fosforihapoksi. Tästä syntyy kipsistä happolietettä, jota kutsutaan slurryksi. Happolietteestä poistetaan kipsi tasosuotimella. Tämän jälkeen happoa väkevöidään kolmella eri väkevöintilaitoksella ja käsitellään tuotehapoksi asiakkaille toimittamista varten. Fosforihappoa käytetään lannoitteiden valmistukseen ja eläinrehuissa. Tehtaalla käytetty apatiittirikaste on peräisin omasta avolouhoksesta. Myös rikkihappoa tuotetaan omalla toimipaikalla. Seuraavassa kuvassa on esitelty P (fosfori)- ketju.

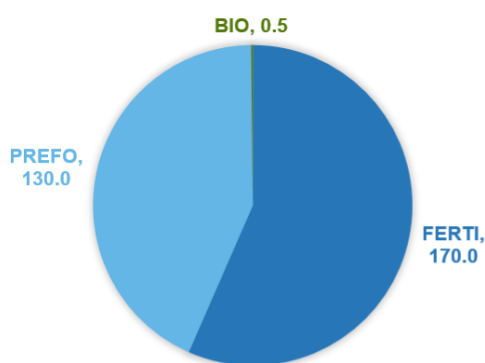


KUVA 2. P- ketju (<https://yara.sharepoint.com>)

Fosforihappotehtaalla valmistetaan kolmea eri tuotelaatua. (Prefo-, Ferti- ja Biohappo). Prefohappoa käytetään rehu ja teollisuusfosfaattien valmistukseen. Fertihappoa käytetään lannoitteiden valmistuksessa. Biohappoa taas käytetään teollisuuden eri käyttökohteissa, kuten vedenpuhdistamoilla. Lisäksi fosforihappotehtaan yhteydessä on Pufohappotehdas. Pufohappo on elintarvikelaatuinen happo, jota käytetään elintarvikkeiden lisäaineeksi. Pufohappoa ei valmisteta tällä hetkellä.



KUVA 3. Fosforihappotuotannon tuotteet ja sivutuotteet (<https:yara.sharepoint.com>)



KUVA 4. Eri tuotehappojen valmistusosuudet (<https:yara.sharepoint.com>)

### 2.4.1 Fosforihapon valmistus

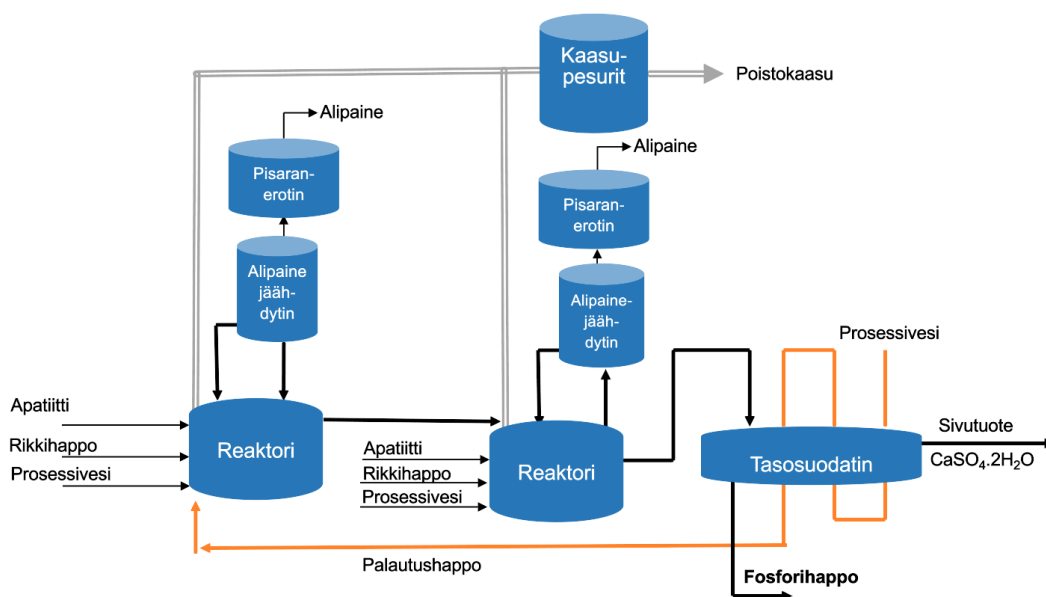
Fosforihappoa valmistetaan fosforihappotehtaalla kaksivaiheisessa di- hydraattiprosessissa. Tämä tarkoittaa sitä, että valituissa reaktio- olosuhteissa apatiitista, rikkihaposta ja vedestä muodostuu fosforihappo- di- hydraattikipsiliete.

Fosfaatti+ rikkihappo+ vesi → Fosforihappo+ kipsi (2 x kidevesi)

Prosessireaktio tapahtuu kahdessa eri reaktorissa, jonka jälkeen slurry virtaa ylijooksuna stabilointisäiliöihin. Sieltä slurry pumpataan tasosuotimelle, jossa erotetaan kipsi. Kipsi puretaan ruuvilla suo-

dattimelta ja kuljetetaan hihnakuljettimilla läjitykseen. Kipsikuljettimia on useita peräkkäin useaman kilometrin pituudelta. Läjitettyä kipsiä hyödynnetään maanparannusaineena ja lannoitteiden raaka- aineena. Lisäksi kipsiä kuljetetaan etelä- suomen pelloille vähentämään fosforikuormituksia vesistöihin ja sitä kautta Itämereen.

Suodattamisen jälkeen fosforihappoa väkevöidään kolmella väkevöintilaitoksella. Väkevöintilaitoksilla fosforihaposta haihdutetaan vettä, kuumentamalla happoa tuubilämmönvaihtimissa matalapaine- höyryllä. Väkevöinti prosessi on myös voimakkaasti alipaineinen, jolla saadaan kiehumispiste alemaksi.



KUVA 5. Laimean fosforihapon valmistus kaaviona (<https:yara.sharepoint.com>)

### 3 JOHTOREITTISUUNNITTELU

Hyvin suunniteltu johtoreitti on turvallinen ja palvelee pitkään. Suunnittelun lähtökohtana on sähköturvallisuus. Suunnittelussa noudatetaan kansallisia ja paikallisia sähköturvallisuusmääräyksiä. Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon sähkömagneettiset häiriöt sekä paloturvallisuuteen liittyvät seikat mm. palokatkot ja palonkestävät johtojärjestelmät.

Johtoreittisuunnittelussa on tärkeää hyvä yhteydenpito teräsrakennesuunnittelijaan. Vanhemmissa tehdasympäristöissä ei ole mahdollista käyttää suoraan valmiita hyllykannakkeita, vaan ne joudutaan tekemään usein paikan päällä. Lisäksi on mahdollista, että oikeaa materiaalia ei ole saatavilla tehdasvalmisteisissa kannakkeissa ja hyllyosissa haastavimpiin kohteisiin.

Tehdasympäristöön suunniteltu johtoreitti tulee kestää mekaanisten rasitusten lisäksi myös kemiallisia rasituksia. Lisäksi sääolosuhteet mm. lämpötila ja UV- säteily on otettava suunnittelussa huomioon. Ympäristön lämpötilalla ei ole usein vaikutusta kaapelihyllyn tms. mekaaniseen kestävyyyteen vaan sillä on suoraan vaikutusta johdon kuormitettavuuteen. Tämän vuoksi johtoreitit kannattaa suunnitella mahdollisuuksien mukaan kauemmaksi kohteista, jotka tuottavat lämpöä.

Johtoreittisuunnittelussa on tärkeä tiedostaa ennalta mm. mitä aineita missäkin putkistoissa kulkee ja niiden fyysinen sijainti. Nykyään uudet tehtaot mallinnetaan kolmeulotteiseksi, joka helpottaa johtoreittisuunnitteluakin merkittävästi. Myös osa fosforihappotehtaasta on mallinnettu ja mallinnusta tehdään aina kun prosessin osia uudistetaan. Tulevaisuudessa saattaakin olla, että koko tehdas on mallinnettu ja suunnittelijan on helppo lisätä myös johtoreitit sekä sähkökomponentit malliin.

#### 3.1 Kemikaalien ja kaasujen vaikutukset

Fosforihappotehtaalla käytetään suuria määriä väkevää rikkihappoa fosforihapon valmistuksessa. Lisäksi syövyttäviä nesteitä ovat mm. kiertovesi ja piifluorihappo. Korroosiota aiheuttavista kaasuista voisi mainita fluorikaasun. Lisäksi suotimien läheisyydessä on kosteita happokäryjä, jotka aiheuttavat kaapelihyllyjen ja metallisten suojaputkien syöpymistä. Useat muovilaadut eivät kestä näitä kaasuja. Se tulee huomioida koteloiden läpivientinipoissa ja kiinnityksissä.

Suunnittelussa on tärkeää huomioida esimerkiksi putkistojen ja säiliöiden liitokset. Lisäksi säiliöiden ylijuuksukanaalit tulee huomioida mekaanisessa suojauksessa. Useinkaan roiskevaaralle alttiita alueita ei voida kiertää ja niillä alueilla sijaitsee myös sähkölaitteita, joten hyllyreitit suojaukseen tulee kiinnittää huomiota. Fosforihappotehtaalla käytetään muovia kaapelihyllyjen suojaukseen. Esimerkiksi polyeteeni kestää hyvin happoroiskeita.

### 3.2 Mekaaninen kuormitus

Kaapelireitit suunnitellaan kestäväksi mekaanisia rasituksia. Mekaanista kuormitusta vastaan on olemassa eri lujuusluokan kaapelihyllyjä. Lisäksi kannakeväleillä voidaan vaikuttaa hyllyreitien mekaaniseen kestävyyskykyyn. Uuden suunnittelussa osataan hyvin ottaa huomioon kaapeleiden painosta johtuva kuormitus. Paksut tehokaapelit ovat raskaita ja niihin voidaan varautua. Instrumentointikaapelit ovat yleensä kevyitä eivätkä vaadi niin suurta mekaanista kestävyyskykyä.

Suojaamattomien ja suojattujen kaapelihyllyjen päälle kertyvä kiintoaine aiheuttaa merkittävää mekaanisen kuormituksen kasvua. Kiintoaine kertyy usein huomaamatta pitkän ajan kuluessa. Samalla korrosio on saattanut syövyttää rakenteita niin, että hyllyreitit saattavat pudota alas.

### 3.3 Lämpötilan vaikutus

Lämpötilalla on suuri vaikutus johtimen kuormitettavuuteen. Jos ympäristön lämpötila on jatkuvasti korkea, joudutaan johtimien poikkipinta-alaa kasvattamaan. Ympäristölämpötilan lisäksi kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttaa lämpötila, joka syntyy rinnakkain tai päällekkäin asennetuista kaapeleista. Kuormitetut johtimet lämmittävät toisiaan ja tämä on otettava suunnittelussa huomioon. Tähän voidaan suunnittelussa vaikuttaa siten että suurivirtaisia ja kuormitettuja kaapeleita asennetaan kauemmaksi toisistaan ja huomioidaan tämä kaapelin poikkipinnassa ja johtimen materiaalissa.

Hyllyreitteihin lämpötilalla on myös vaikutus, joka kohdistuu lämpölaajenemiseen. Tämä tulee ottaa huomioon pitkällä yhtäjaksoisilla reiteillä, kuten kuljettimilla.

### 3.4 Sääolosuhteet

Avonaisissa ulkotiloissa hyllyreitit joutuvat alttiiksi sääolosuhteille. Hyllyjen päälle kertyvä lumi aiheuttaa mekaanista kuormitusta. Lisäksi hyllyjen päälle kertyvä pöly ja kiintoaine aiheuttavat pitkällä aikavälillä ongelmia. Hoitamattomat kaapelihyllyt voivat pahimmillaan kasvaa jopa erilaisia kasveja kuten puita. Ulkotiloissa lämpölaajeneminen on myös merkittävä tekijä pitkällä hyllyreiteillä. Lämpötilaero voi olla jopa 70 celsiusastetta. Sääolosuhteet vaikuttavat myös kaapeleihin ja niiden kiinnityksiin. Auringosta peräisin oleva ultravioletti säteily heikentää kaapelien vaippaa ja haurastuttaa esimerkiksi nippusiteitä. Suunnittelussa tämä on huomioitava kestäväillä materiaalityypeillä ja esimerkiksi suojaamalla kaapelihyllyt kansilla.

### 3.5 Mekaaninen suojaus

Hyllyreittien mekaaniset suojaukset pitää tarkoin suunnitella esimerkiksi kulkuväylien läheisyydessä. Kun liikutaan koneilla ja laitteilla kaapelireittien läheisyydessä, niin kaapelihyllyyn törmäys on mahdollinen. Tällainen voidaan välttää, kun suunnitellaan hyllyreitti esimerkiksi kauemmaksi kulkureitistä tai suojataan se kestäväksi mekaanisia törmäyksiä ja iskuja. Teollisuusympäristössä tehdään myös vaativia nostoja johtoteiden läheisyydessä. Tällöin on myös hyvä kiinnittää huomiota johtotien sijaintiin.

Lisäksi on tärkeää huomioida kaapeleiden mekaaninen suojaus, kun syöttökaapeleita tuodaan moottoreille tai muille sähkölaitteille. Ulkotiloissa ja kerroksien läpiviennissä kaapelit on suojattava mekaanisesti. Ulkotiloissa on tärkeää myös merkata esimerkiksi maasta nousevat kaapelit tarkoin. Huo-

nosti merkatut kaapelit ovat alttiita vahingoittumaan esimerkiksi lumen poiston yhteydessä talviaikaan.

### 3.6 Sähkömagneettiset häiriöt

Reittivalinnalla ja kaapelityypeillä voidaan vaikuttaa sähkömagneettisiin häiriöihin. Suurivirtaiset kaapelit viedään omilla johtoteillä erillään muista kaapeleista. Taajuusmuuttajakäyttöjen lisääntyessä on myös huomioitava, että EMC- vaatimukset täytyvät myös kaapeloinnin osalta.

### 3.7 Sähköturvallisuusmääräykset

Sähköturvallisuuslaki (1135/2016) 122 § 2 toteaa, että ”aikaisemmin rakennettuja rakentamisajan kohtansa turvallisuusvaatimukset täyttäviä sähköasennuksia voi edelleen käyttää, jos niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa”. (Finlex, 2016)

Niitä ei tarvitse siis muuttaa standardisarjan SFS 6000 osien 1–7 vaatimusten mukaisiksi. Kaikissa muutos- tai laajennustöissä on kuitenkin noudatettava standardisarjan SFS 6000 osien 1–7 vaatimuksia.

Standardin kohdassa SFS 6000-8-802 annetaan soveltamisohjeita laajennettujen ja muutettujen asennuksen osien sovittamisesta yhteen käyttöön jäävien aikaisempien vaatimusten mukaan tehtyjen asennuksen osien kanssa.

SFS 6000-8-802 standardin periaatteiden mukaan toimittuna varmistetaan, että korjatun, muutetun tai laajennetun sähköasennuksen turvallisuuden ja häiriösuojauksen taso vastaa vähintään alkuperäisen asennusajankohdan tasoa. Näillä periaatteilla ei kuitenkaan saavuteta vastaavaa tasoa kuin koko standardin soveltamisella. Tässä standardissa esitetyjä periaatteita ei saa soveltaa uudisasennuksissa eikä sellaisissa peruskorjauksissa, joissa sähköasennus (esim. tietyn jakokeskuksen syöttämä asennus tai sen osa tai tila) uusitaan kokonaan. (Suomen standardoimisliitto, 2022)

#### 3.7.1 Johtimen kuormitus

Kuten edellä on mainittu, niin johtimen kuormitettavuuteen vaikuttaa suurimmalta osin ympäristön lämpötila ja asennustapa. Tehdasympäristössä ympäristön lämpötilaan voidaan vaikuttaa kaapelointireittien avulla. Suunnitellaan reitit paikkoihin, joissa ei ole lämmönlähteitä välittömässä läheisyydessä. Tämä ei ole aina mahdollista vaan usein joudutaan kaapeleita reitittämään myös kuumissa paikoissa. Tällöin on tärkeää käyttää oikeanlaista korjauskerrointa johtimen mitoituksessa.

Kun kaapeloidaan uusia kaapeleita vanhoille hyllyille, jotka ovat jo ennestään täynnä, niin korjauskertoimen tulee olla riittävän alhainen, jotta vältetään lämmittämästä olemassa olevia kaapeleita lisää ja että uusi kaapeli kestää myös termiset rasitukset.

### 3.7.2 Suojaus korroosiolta

522.5.1 Silloin kun korroosiota tai likaantumista aiheuttavat aineet tai vesi voivat aiheuttaa korroosiota tai muuta vahinkoa johtojärjestelmän osille, ne on suojattava sopivalla tavalla tai osat on valmistettava tällaiset vaikutukset kestävästä materiaalista. HUOM. Sopivia asennettaessa tehtäviä lisäsuojustoimenpiteitä voivat olla suoja-teippien, maalien ja rasvojen käyttö. Näiden toimenpiteiden pitäisi sopia yhteen valmistajan ohjeiden kanssa.

522.5.2 Toisiinsa elektrolyyttisesti vaikuttavia metalleja ei saa asentaa siten, että ne joutuvat kosketuksiin toistensa kanssa, ellei haittavaikutusten syntymistä ole erityisesti estetty.

522.5.3 Materiaaleja, jotka voivat toistensa vaikutuksesta vahingoitua tai heikentyä vaarallisella tavalla, ei saa asentaa kosketuksiin toistensa kanssa. (Suomen standardoimisliitto, 2022)

Eli prosessitiloissa roiskevaarallisilla alueilla tulee käyttää kaapelihyllyjen päällä suojakansia tai suojattava kaapelit muulla tavalla roiskeilta. Esimerkiksi säiliöiden ylijuoksukanaalien kohdalla tulee olla suojapelti koko ylijuoksukanaalin matkalla.

### 3.7.3 Sääolosuhteet

522.11 Auringon säteily (AN) ja ultraviolettisäteily.

Jos johtojärjestelmä on tai sen oletetaan olevan alltiina huomattavalle auringonsäteilylle (AN2) tai ultraviolettisäteilylle, tämä on otettava huomioon johtojärjestelmää valittaessa ja asennettaessa tai on käytettävä sopivaa suojaa. (Suomen standardoimisliitto, 2022)

Ultraviolettisäteilyn lisäksi tulee kaapelit suojata auringon aiheuttaman lämmön vaikutuksilta. Auringon säteilyn vaikutukset tulee huomioida kaapelien valinnassa ulkotiloissa. Kipsimäellä on lisäksi otettava huomioon vesi ja lumisateen vaikutukset, sekä tuuliolosuhteet.

### 3.7.4 Mekaaniset rasitukset

522.8 Muut mekaaniset rasitukset (AJ)

522.8.1 Johtojärjestelmät on valittava ja asennettava siten, että vältetään kaapelien vaipan ja eristyksen sekä liitälaitteiden mekaaninen vahingoittuminen asennuksen, käytön ja huollon aikana.

522.8.3 Johtojärjestelmien taivutussäteiden on oltava sellaisia, etteivät johtimet ja kaapelit vahingoitu.

H 522.8.4 Jos asennusputkia, johtimia tai kaapeleita ei asennustavasta johtuen ole tuettu koko pituudeltaan esim. kaapelihyllyllä, johdotkanavalla tai asennusputkella, ne on kiinnitettävä tarkoituksenmukaisella tavalla sopivin välein siten, etteivät kaapelit tai johtimet tai niiden liitokset vaurioidu oman painonsa tai oikosulusta johtuvien sähködynaamisten voimien vaikutuksesta. Johtojärjestelmään liittyvät rasiat ja vastaavat haaroituspisteet on kiinnitettävä asennusalustaansa, ja näihin liittyvät kaapelit tai asennusputket on kiinnitettävä luotettavasti rasiaan tai sen lähelle. Asennusalustan on oltava riittävän tukeva kestävä kaapelien ja varusteiden paino. (Suomen standardoimisliitto, 2022)

### 3.7.5 Mekaaniset iskut

522.6.2 Kiinteästi asennettu johtojärjestelmä, jota saattavat rasittaa keskinkertaiset (AG2) tai voimakkaat iskut (AG3), on suojattava käyttämällä itsestään riittävän vahvaa johtojärjestelmää, valitsemal-



la sopiva sijoituspaikka, käyttämällä paikallista tai yleistä mekaanista suojaa, tai käyttämällä edellä olevien yhdistelmää. (Suomen standardoimisliitto, 2022)

Mekaaniset iskut ovat mahdollisia kulkuväylien läheisyydessä sekä esimerkiksi ulkotiloissa, kun tehdään piha- alueiden kunnossapitoa mm. lumenpoistoa.

### 3.7.6 Suojaus sähkömagneettisilta häiriöiltä

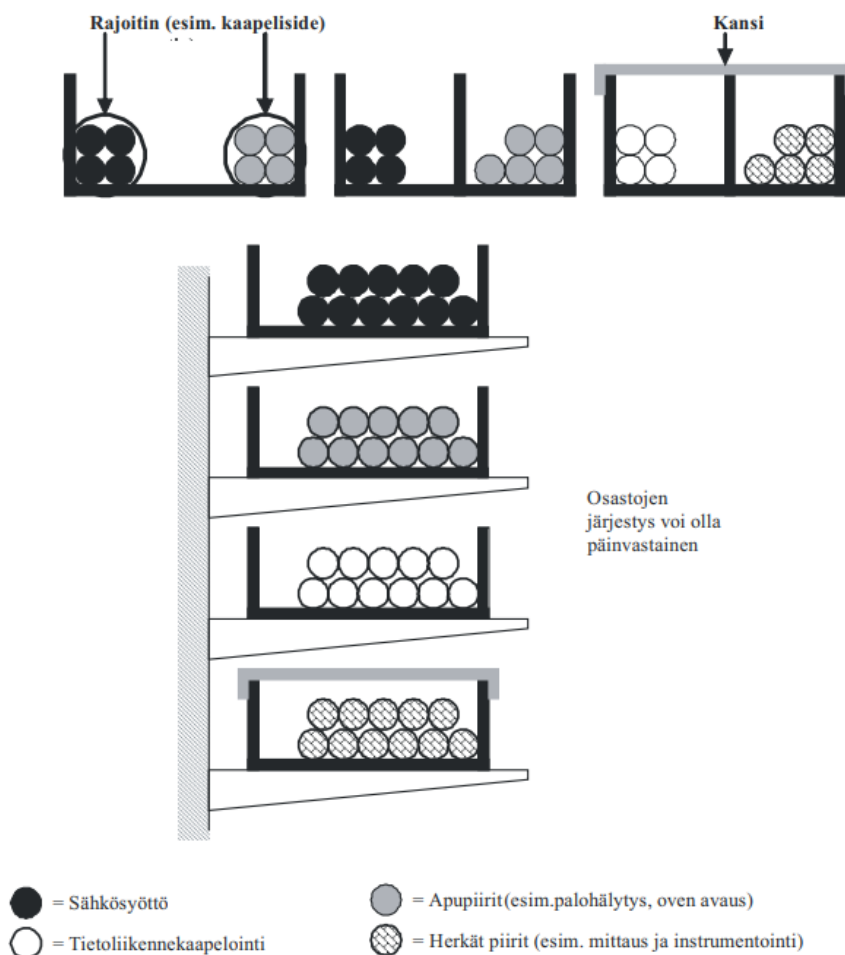
Sähkömagneettiset häiriöt (electromagnetic interferences EMI) voivat häiritä tai vahingoittaa tietotekniikan järjestelmiä, yhteisantenniverkkoja, ohjaus- ja valvontajärjestelmiä tai prosessiautomaatiojärjestelmiä. Salamoiden, kytkentätoimenpiteiden, oikosulkujen ja muiden sähkömagneettisten ilmiöiden aiheuttamat virrat voivat aiheuttaa ylijännitteitä ja sähkömagneettisia häiriöitä.

Näiden ilmiöiden vaikutukset ovat suurimpia, kun on suuria metallisilmukoita ja erilaiset sähköiset johtojärjestelmät esimerkiksi rakennuksessa olevat tietotekniikan laitteiden tehonsyöttöverkot ja viestintään käytetyt verkot on asennettu samoille reiteille. Voimakkaapelit, joissa kulkee suuren nousunopeuden ( $di/dt$ ) omaavia virtoja, voivat indusoida ylijännitteitä ohjaus- säätö- ja tietoliikennekaapeleihin, jotka voivat aiheuttaa vahinkoja niihin liitettyihin sähkölaitteisiin.

#### 444.4.2 Toimenpiteet sähkömagneettisten häiriöiden pienentämiseksi

Seuraavat toimenpiteet pienentävät sähkömagneettisia häiriöitä.

- a) Sähkömagneettisille häiriöille herkille laitteille suositellaan asennettavaksi ylijännitesuojia ja/tai suodattimia parantamaan sähkömagneettista yhteensopivuutta johtuvia sähkömagneettisia ilmiöitä vastaan.
- b) Kaapelien johtavat metallivaipat (esimerkiksi armeeraukset, sähköiset verhoukset) yhdistetään yhteiseen potentiaalintasausverkkoon CBN, (Common bonding network) jos se on käytössä.
- c) Vältetään induktiivisia silmukoita käyttämällä voima- ja tietoliikennekaapeleille samoja reittejä.
- d) Voima- ja tietoliikennekaapelit pidetään erillään ja risteilyt tehdään mahdollisuuksien mukaan suorassa kulmassa.
- e) Käytetään konsentrisella johtimella varustettuja kaapeleita, joilla vähennetään suojajohtimeen indusoituneita virtoja.
- f) Käytetään taajuusmuuttajien ja moottorien välillä taajuusmuuttajan valmistajan ohjeiden mukaisia kaapeleita (esimerkiksi 100 % peittävällä suojalla varustettuja symmetrisiä monijohtimisia kaapeleita) ja suodattimia.
- g) Käytetään EMC-vaatimusten mukaisia tietoliikennekaapeleita ja asennetaan ne valmistajan ohjeiden mukaisesti. (Suomen standardoimisliitto, 2022)



HUOM. Kaikki metalliosat on liitetty potentiaalintasaukseen.

KUVA 6. SFS 6000-444.6.2 Esimerkkikuva eri kaapelityyppien erillään pitämisestä (<https://online.sfs.fi>)

## 4 JOHTOJÄRJESTELMIEN NYKYTILA FOSFORIHAPPOTEHTAALLA

### 4.1 Yleistä

Fosforihappotehtaalla on paljon johtojärjestelmiä ja reittejä. Tehtaan jakelujärjestelmät kattavat fosforihappotehtaan lisäksi Pufon, apatiittivaraston, kiertovesialtaiden ja kipsimäen järjestelmät. Puhetaan fosforihapon laitoksella (pufo) jakelu ja johtojärjestelmät ovat uusimmat. Rakennusvuosi on 2009. Fosforihappotehtaalla on käytössä hyvin vanhaa ja myös uutta johtojärjestelmää. Useista laajennuksista ja modernisaatiohankkeista johtuen kaapelihyllyt ja reitit ovat monin paikoin liian täyteen kaapeloitu. Tästä seuraa monia haitallisia vaikutuksia luotettavuuteen ja turvallisuuteen. Liian täyteen kaapeloidut kaapelihyllyt rasittavat mekaanisesti hyllyrakenteita ja kuormittavat termisesti kaapeleita. Lisäksi purkamattomat kaapelit aiheuttavat sähköiskun vaaran indusoituvan sähköön vuoksi. Kaapelihyllyillä on paljon purkamattomia käytöstä poistettuja kaapeleita, joista aiheutuu huomattavaa palokuormaa. Vanhat kaapelit kiihdyttävät palamista, koska vaipan materiaalille ei ole ollut vaateita tämän suhteen. Lisäksi purkamattomat kaapelit lisäävät tulipalotilanteessa myrkyllisten kaasujen muodostusta sekä heikentävät näkyvyyttä.

Kaapelihyllyrakenteisiin kohdistuu mekaanisten rasitusten lisäksi myös kemiallisia rasituksia. Vanhat kaapelihyllyt on rakennettu vahvasta teräksestä ja ne on tehty kestämään suunniteltu kaapelikuorma. Nykyiset hyllyt ovat materiaailtaan alumiinia. Käytössä on myös alumiinisia tai teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä. Molemmat metallit kestävät tavallisesti tuotantotiloissa ja ulkona. Tehtaalla on myös alueita, joissa kemiallisen rasituksen vuoksi materiaalien elinikä on lyhyt. Esimerkiksi kipsikuljettimilla on voimakas korrosoiva vaikutus lämpimästä ja märästä kipsistä johtuen. Toinen merkittävästi korrosoiva alue on panneviksen (FS460) ympäristössä. Pistemäisiä korroosiovaikutuksia esiintyy ympäri tehdasta.



KUVA 7. Kaapelihylly FS460 suotimen vieressä (Tissari, Tuomas 2023)

Tehdasympäristössä happo- ja slurryvuodot aiheuttavat korroosivaikutuksen lisäksi kaapelihyllyille myös mekaanista rasitusta. Slurryroiskeet kiteytyvät kaapeleiden päälle ja niiden puhdistaminen on hankalaa. Hyllyjen suojaksi on rakennettu monin paikoin myös erilaisia suojia, mutta suojia on paljon rikkoontunut ja monet ovat pois paikoiltaan.

#### 4.2 10 kV sähköjakelu

Fosforihappotehtaalle tulee 10 kV syöttökaapeli voimalaitokselta. Lisäksi fosforihappotehtaalla on rakennettu varasyöttömahdollisuus ammoniakkivaraston ja pakkaamon kojeistoihin. Tehtaan jakelujärjestelmä sisältää 13 jakelumuuntajaa. Muuntajista 7 kpl on fosforihappotehtaalla ja loput kipsimäellä ja kiertovesialtailla. Kaapelointi on osin alkuperäistä mutta kaapeleita on myös uusittu vuosien varrella. Vanhimmat kaapelit ovat samalla hyllyllä muiden kaapeleiden seassa, ja yleensä alimmaisena. Tämä muodostaa merkittävän riskin lämpenemisen suhteen. Jakelumuuntajien syöttöpuoli on toteutettu kaapeloidulla. PJ puoli on toteutettu eristetyillä tai avonaisilla kiskosilloilla. Kaapeleiden sähköinen suojaus on toteutettu nykyaikaisilla suojareleillä. 10 kV kojeisto on pääosin uusittu viimeisen 10 vuoden aikana. Kipsimäellä on myös vanhempaa kojeistoa.

Suurimmat riskitekijät liittyvät vanhoihin kaapeleihin sekä kaapeleihin, joiden jäähtyminen on estynyt liian täysien kaapelihyllyjen vuoksi. Paikoinon myös puutteita kaapeleiden mekaanisessa suojauksessa.



KUVA 8. Käytöstä poistettuja 10 kV kaapeleita (Tissari, Tuomas 2023)

#### 4.3 400/690 V sähkönjakelu

Fosforihappotehtaalla on useita satoja moottoreita kymmenien wattien tehosta aina 250 kilowattiin asti. Moottorien tehonjakelu muodostaakin merkittävän osan kaapeloinnista. ilman konsentrista johdinta oleva kaapeli oli 1960 ja 1970 luvuilla paljon käytetty. Paljon näitä kaapeleita löytyykin edelleen kaapelihyllyiltä vaikkakin niitä on uusittu aikojen saatossa armeerattuihin maakaapeleihin. Kaapeleita on uusittu, mutta usein vanhat kaapelit jäävät purkamattomina kaapelihyllyille. Tämä johtuu siitä, että kaapeleiden uusimisen yhteydessä uudet kaapelit on asennettu vanhojen kaapeleiden päälle ja niiden purkaminen jälkeinpäin on työlästä ja kallista.



KUVA 9. Hyllyreitit risteyskohta FHT alakerrassa (Tissari, Tuomas 2023)

#### 4.4 220 VDC jakelu

10 kV kojeistoissa ohjauksjännitteenä käytetään 220 VDC. Määrällisesti kaapelointia on vähän käytössä ja kaapelointia on pääosin sähkötiloissa. Kaapeloinnilla on kuitenkin tärkeä rooli sähkönjakelussa.

#### 4.5 Turvavalaistus

Fosforihappotehtaalla ja tehtaan muilla alueilla on käytössä useita erillisiä turvavalaistusjärjestelmiä. Näiden kaapelointi on toteutettu pääosin palonkestävällä kaapelilla ja keskusakustoilla. Kaapelit on johdotettu vanhoille johtoteille.

#### 4.6 Potentiaalintasaus ja maadoitusjärjestelmät

Tasapotentiaalın saavuttamiseksi kaikki jännitteelle alttiit johtavat osat tulee maadoittaa ja kytkeä potentiaalintasaukseen. (Suomen standardoimisliitto, 2022) Fosforihappotehtaalla ja tehtailla yleensäkin metallirakenteita on paljon. Monet säiliöt ja putkistot ovat metallirakenteisia. Fosforihappotehtaalla on lukuisia maadoituselektrodeja ja kiskoja sekä laaja maadoitusverkko.

Haasteena tehdasympäristössä on korroosiota aiheuttavat kaasut ja nesteet. Myös kipsi hapettaa kuparia. Maadoitus- ja potentiaalintasauskiskot ovat pääosin ilmastoiduissa sähkötiloissa.

#### 4.7 Automaatiokaapelointi

Tehtaan rakennusvaiheessa automaatiokenttäkaapelointia oli vain vähän käytössä. Käytössä oli pääosin paikallisia kenttäinstrumentteja ja käsiventtiileitä. Moottorien ohjaukset oli toteutettu kenttäkytkimillä sekä ohjauspulpetissa olevien kytkimien avulla. Kytkimet oli johdotettu 230 VAC ohjausvirtapiireihin. Myös lukitukset oli toteutettu raja- arvoreleiden ja relelogiikan avulla. Näitä vanhoja MMJ tyyppisiä ohjauskaapeleita on vielä paljon purkamattomina kaapelihyllyillä.

##### 4.7.1 Kenttäkaapelointi

Nykyinen kenttäkaapelointi on toteutettu Jamak- tyyppisillä instrumentointi kaapeleilla. Kenttäautomaatio on hyvin laaja. Kenttäinstrumentteja on noin 1000 laitetta. Yksittäiset kenttäinstrumentit on kaapeloitu erillisiin ristikytkentätiloihin ja kenttäkoteloihin. Näistä kaapelointi jatkuu automaatiojärjestelmään 24 parisilla Jamak- kaapeleilla. Myös analogiset moottorilähtöpiirit on johdotettu samaisella kaapelilla. 24 parisia runkokaapeleita on kytketty järjestelmään noin 150 kpl. Ensimmäinen automaatiojärjestelmä on rakennettu fosforihappotehtaalle 1980- luvulla. Tällöin on rakennettu uusia kaapelireittejä automaatiojärjestelmätilan ja ristikytkentöjen sekä sähkökeskusten välille. Nämä kaapelireitit ovat melko hyväkuntoisia vaikkakin hyllyjen päälle on asennettu jälkeempään paikoin runsaasti kaapeleita.

##### 4.7.2 Järjestelmäkaapelointi

Järjestelmäkaapeloinnilla tarkoitetaan ethernet- ja profibus kaapelointia. Kaapelointi käsittää automaatiojärjestelmän asemien välistä tiedonsiirtoa. Sähkökeskusten tiedonsiirto automaatiojärjestelmään on toteutettu valokuitukaapeloinnilla ja keskuksen sisäinen tiedonsiirto toteutettu profibuskaapeloinnilla. Valokuitukaapelit on johdotettu prosessitiloissa yhteisille johtoreiteille muiden kaapeleiden kanssa.

#### 4.7.3 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiokaapelointi käsittää kiinteistöautomaatioon, kamerajärjestelmään sekä tehtaiden välistä ja ulkoista tiedonsiirtokaapelointia. Lisäksi prosessitiloissa on kunnonvalvontaan liittyvää ethernet-kaapelointia. Nämäkin kaapelit on johdotettu yhteisille johtoteille.

#### 4.8 Sähkötilat

Sähkötiloissa kaapelointi on toteutettu pääosin lattian alla olevissa kaapelointitiloissa. Kaapelointitiloissa on johtotiet ja kaapelit asennettu niihin. Kaapelitilat ovat päässeet huonoon kuntoon liiallisen kaapelimäärän vuoksi. Käytöstä poistettuja kaapeleita on jätetty purkamatta ja suurjännite- ja pienjännitekaapelit on asennettu samoille hyllyille. Kaapeloinnin joukossa on myös tietoliikennekaapeleita. Näihin liittyviä riskejä on esimerkiksi mekaaniset rasitukset vedettäessä uusia kaapeleita.

## 5 JOHTOREITTIIEN UUDISTAMINEN FOSFORIHAPPOTEHTAALLA

Kuten edellisessä luvussa on todettu, niin kaapelointijärjestelmät tarvitsevat korjaavia toimenpiteitä monilta osin erityisesti prosessitiloissa ja kuljettimilla. Suurimmat riskit liittyvät kosketussuojauksen toteutumiseen ja johtimien lämpenemiseen. Myös mekaaniset riskit ovat merkittävät liian suuren massan vuoksi. Lisäksi tehdasympäristö, jossa syövyttävät kaasut ja nesteet ovat läsnä, heikentävät omalta osaltaan hyllyrakenteita ja niiden kiinnityksiä.

Kustannuksien laskennassa on hyödynnetty aikaisemmista hyllyreittien uusinoista saatua tietoa.

### 5.1 Johtoreitti FH248A ja FH248B säiliöiden välissä

Tämä on yksi haasteellisimmista kohteista. Kaapelihyllyjä on useita päällekkäin ja heikko- ja vahvavirtakaapelit ovat sekaisin samoilla hyllyillä. Lisäksi hyllyillä on paljon purkamattomia käytöstä poistettuja kaapeleita.



KUVA 10. Johtoreitti FH248A ja FH248B säiliöiden välissä (Tissari, Tuomas 2023)



### 5.1.1 Korjaussuunnitelma

Ennen kuin työtä voidaan suorittaa, kohteeseen on rakennettava työskentelyä varten telineet. Telineiden rakentamisessa on huomioitava mahdolliset muokkaustarpeet hyllyreitin uusintatyön edetessä. Telineet rakennetaan noin 12 metrin matkalle. Tarpeen mukaan telinetyöskentelyn aikana on käytettävä putoamisen estäviä turvavaljaita.

Kohteen haasteellisuuden ja tuotannollisten riskien vuoksi tämän johtotien korjaus suoritetaan fosforihappotehtaan vuosihuoltoseisokissa. Käytöstä poistetut kaapelit pyritään kartoittamaan ennen hyllyusintaa.

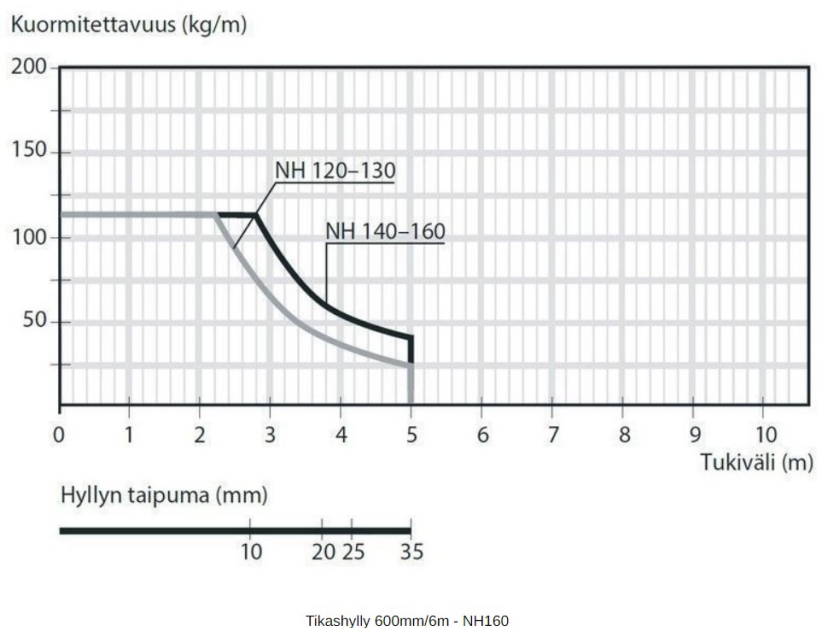
Korjaavat toimenpiteet aloitetaan ylimmästä kaapelihyllystä. Aluksi hyllyltä poistetaan kiinteä materiaali. Tämän jälkeen kaapeleita nostellaan varovasti yksi kerrallaan nostoliinalla roikkumaan ylempiin rakenteisiin. Samalla tarkistetaan kaapeleiden kunto. Mikäli löytyy pahoin vaurioituneita kaapeleita, niin ne uusitaan samassa yhteydessä. Jos on kyseessä pitkä kaapeli, niin siihen tehdään jatkos vaurioituneelle osuudelle. Mikäli kaapeli on lyhyt, se uusitaan kokonaan.

Luultavasti ylin kaapelihylly on vaurioitunut happovuodoista pahiten, joten se uusitaan kokonaan. Uusi alumiininen hylly kiinnitetään vanhoihin teräshyllyihin pulttiliitoksilla. Ennen kuin uusi hylly on kiinnitetty, niin puhdistetaan seuraavaksi alempi kaapelihylly kiintoaineista ja käytöstä poistetuista kaapeleista. Samalla tarkistetaan hyllyn mekaaninen kestävyys ja mahdollinen uusimisen tarve. Jos kaapelihylly ei ole pahoin hapettunut, niin se jätetään paikoilleen. Kaapelihyllyjen kannakointi tarkastetaan samalla ja tarvittaessa korjataan.

Kaikki viisi kaapelihyllyä käydään läpi samalla tekniikalla. Lopuksi tarkistetaan hyllyjen maadoitusten olemassaolo ja kunto.

### 5.1.2 Kaapelihyllyn kuormitus

Arviolaskennan mukaan nykyisillä kaapelihyllyillä on metripainoa noin 45–50 kg. Kun otetaan huomioon purettavat kaapelit ja apatiitti sekä kipsipöly, niin metripainoa jää uusille kaapelihyllyille arviolta 30 kg. Mikäli työn aikana havaitaan suurempia massoja, niin käytetään lujempaa kaapelihyllyä esimerkiksi NH430. Hyllyt on kannakoitu 4 metrin välein.



KUVA 11. Tikashylly ENSTO NH160 6000 mm kuormitettavuustaulukko (<https://verkkokauppa.sonepar.fi>)



Tikashylly 600mm/6m - NH160

KUVA 12. Tikashylly ENSTO NH160 6000 mm (<https://verkkokauppa.sonepar.fi>)

### 5.1.3 Kustannukset

- Ennakkoselvittelyt 3000 €
  - Asentajien työtunnit 2 x 40 h
- Työnjohtokustannukset 1000 €
- Telineet 4000 € (perustuu kokemukseen)
- Purku- ja asennustyö 10000 €
  - Urakoitsijan työtunnit 2 x 100 h
- Materiaali 3500 €

- **Yhteensä 21500 €**

5.2 Hyllyusinta ja siirto FV285 säiliön trukkiluukun edessä

Tässä kohteessa kaapelihylly on pahasti edessä, kun nostetaan siltanosturilla trukkiluukua pois paikaltaan säiliön korjauksen yhteydessä. Kuvasta voi nähdä kuinka kaapelihylly on vääntynyt nostojen seurauksena.

Kartoitetaan kaapelihyllyllä olevat kaapelit ja puretaan pois ne kaapelit, jotka eivät ole enää käytössä. Hyllyllä on esimerkiksi vanha T28 muuntajaa syöttävä 10 kV kaapeli sekä vanhoja moottorien kenttäkäynnistyskytkimien kaapeleita.

Tässä kohteessa tarvitaan teräsrakennesuunnittelua uusille hyllykannakkeille.



KUVA 13. Uusittava kaapelihylly FV258 säiliön trukkiluukun edessä (Tissari, Tuomas 2023)



KUVA 14. Uusittava kaapelihylly FV258 säiliöllä (Tissari, Tuomas 2023)

#### 5.2.1 Kustannukset

- Ennakkoselvittelyt 1000 €
- Työnjohtokustannukset 600 €
- Telineet 1800 €
- Purku- ja asennustyö 3000 €
- Suunnittelu 500 €
- Materiaali 1000 €
- **Yhteensä 7900 €**

### 5.3 Johtoreitti FH285 säiliön yläpuolella

Tässä kohteessa pitää suorittaa samantyyppistä hyllyusintaa kuin kohteessa 5.1. Kaapelihyllyillä on sekaisin monen tyyppisiä kaapeleita. Tässä kohteessa pitää huomioida ylimpien hyllyjen roiskesuojaus hyllyusinnan jälkeen.



KUVA 15. Uusittava kaapelihylly FH285 säiliön yläpuolella (Tissari, Tuomas 2023)

#### 5.3.1 Kustannukset

- Ennakkoselvittelyt 1000 €
- Työnjohtokustannukset 600 €
- Telineet 1800 €
- Purku- ja asennustyö 4000 €
- Suunnittelu 500 €
- Materiaali 1000 €
- **Yhteensä 8900 €**

#### 5.4 Kaapelihyllyt FS460 suotimen alapuolella

Tässä kohteessa kaapelihyllyt ovat alttiita slyrryriskeille. Hyllyt ovat osittain syöpyneet ja hyllyillä on paljon purkamattomia kaapeleita.



KUVA 16. Uusittava kaapelihylly FS460 suotimen alapuolella (Tissari, Tuomas 2023)

##### 5.4.1 Kustannukset

- Ennakkoselvittelyt 800 €
- Työnjohtokustannukset 600 €
- Telineet 1000 €
- Purku- ja asennustyö 2000 €
- Materiaali 700 €
- **Yhteensä 5100 €**

## 5.5 Kaapelihyllyt FS460 suotimen ympärillä

FS460 suotimen ympärillä on haastavat olosuhteet kosteiden höyryjen ja fluorikaasun vuoksi. Kun rakenteet ovat jatkuvasti kosteita, niin korroosion vaikutus on voimakasta. Kyseisillä kaapelihyllyillä on lähinnä suotimeen liittyvien laitteiden kaapelointia sekä valaistuksen ja kameravalvontaan liittyviä kaapeleita. Kaapelihyllyillä ei ole juurikaan käytöstä poistettuja kaapeleita. Alla olevassa kuvassa esimerkki, jonka aiheuttavat happoroiskeet ja kostea ympäristö.



KUVA 17. Kaapelihylly FS460 suotimen luona (Tissari, Tuomas 2023)

### 5.5.1 Korjaussuunnitelma

Tässä kohteessa kannattanee uusia kaikki kaapelihyllyt. Uusittavaa hyllyä on noin 35 metrin matkalla. Tässä kannattaa käyttää haponkestävää hyllymateriaalia, vaikka se kustantaakin hieman enemmän.

### 5.5.2 Kustannukset Haponkestävällä teräksellä

- Ennakkoselvittelyt 800 €
- Työnjohtokustannukset 600 €
- Telineet 1000 €
- Purku- ja asennustyö 1000 €
- Materiaali 4000 € (Haponkestävä AISI316 teräs)
- **Yhteensä 7400 €**

### 5.5.3 Kustannukset alumiinisilla tikashyllyillä

- Ennakkoselvittelyt 800 €
- Työnjohtokustannukset 600 €
- Telineet 1000 €
- Purku- ja asennustyö 1000 €
- Materiaali 1200 €
- **Yhteensä 4600 €**

### 5.6 Käytöstä poistetut kaapelit

Tehtaalla on paljon purkamattomia kaapeleita, jotka ovat jääneet hyllyille. Kaikkia kaapeleita ei ole mahdollista purkaa pois tässäkin projektissa. Avonaiset kaapelin päät aiheuttavat vaaran, koska viereisistä kaapeleista voi siirtyä jännite indusoitumalla. Tällöin avonaisista kaapelinpäistä voi saada sähköiskun.

Mikäli käytöstä poistettuja kaapeleita ei voida purkaa pois, niin niiden päät on tulpattava.



KUVA 18. Purkamattomia instrumentointikaapeleita FVL3 alakerrassa (Tissari, Tuomas 2023)





KUVA 19. Purkamattomia instrumentointikaapeleita FRK5 ristikytkentätilassa (Tissari, Tuomas 2023)



KUVA 20. Purkamattomia kaapeleita väkevöintilaitoksella (Tissari, Tuomas 2023)

## 6 KUSTANNUSVAIKUTUS ESIMERKKI

Suunnitellaan uusi pistorasiakeskus tehdashalliin. Lasketaan kaapelointikustannukset siten, että toisessa vaihtoehdossa kaapeli vedetään kaapelihyllylle, jossa on jo ennestään runsaasti kaapeleita. Toisessa vaihtoehdossa kaapeloidaan vanhalle hyllylle, josta on purettu käytöstä poistetut kaapelit tai hyllyllä on entuudestaan vähemmän kaapeleita. Laskennassa on käytetty todellisia olosuhteita. Myös syöttävän keskuksen sähköiset arvot ovat todelliset.

### 6.1 Korjauskertoimen vaikutus kaapelin kuormitettavuuteen

Alla olevassa taulukossa on esitetty korjauskertoimen vaikutus kaapelin kuormitettavuuteen.

$k$  = korjauskerroin

$I_z$  = Kaapelin suurin sallittu kuormitettavuus

TAULUKKO 1. Kaapelin kuormitettavuus (Prysmiangroup, ei pvm)

Kaapeli AMCMK	4x70/21	4x95/29	4x120/41	4x150/41	4x184/57	4x240/72
$I_z$ (ilmassa)	159	194	225	260	297	350
$I_z$ (k 0,68)	108,12	131,92	153	176,8	201,96	238
$I_z$ (k 0,62)	98,58	120,3	139,5	161,2	184,14	217
$I_z$ (k 0,45)	71,55	87,3	101,25	117	133,65	157,5

Lämpötila 35°C => kerroin 0,94 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.14, SFS 600-1-1) 1 hylly, 9 kpl kaapeleita => kerroin 0,73 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.20, SFS 600-1-1),  $k = 0,94 \times 0,73 = 0,6862 \approx \mathbf{0,68}$

Lämpötila 35°C => kerroin 0,94 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.14, SFS 600-1-1). 3 hyllyä, 9 kpl kaapeleita => kerroin 0,66 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.20, SFS 600-1-1).  $k = 0,94 \times 0,66 = 0,6204 \approx \mathbf{0,62}$

Lämpötila 50°C => kerroin 0,71 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.14, SFS 600-1-1). 6 hyllyä, 9 kpl kaapeleita => kerroin 0,64 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.20, SFS 600-1-1).  $k = 0,71 \times 0,64 = 0,4544 \approx \mathbf{0,45}$

## 6.2 Kaapelointikustannus

Kuten edellisestä taulukosta voidaan päätellä, niin ympäristön lämpötilalla ja kaapelien lukumäärällä on suuri vaikutus kaapelin kuormitettavuuteen. Kun korjauskerroin laskee alas, niin poikkipintaa joudutaan kasvattamaan. Tästä seuraa, että kustannukset nousevat.

### 6.2.1 Esimerkki

Esimerkissä on viitattu (Sähköinfo Oy, 2019) ja (Suomen standardoimisliitto, 2022).

Asennetaan tuotantotiloihin pistorasiakeskus. Keskuslähdössä on 125 A gG sulakkeet. Poiskytkentäaika on 5 s. Valitaan syöttökaapeliksi AXMK 4x120/41.

Ympäristön lämpötila on 35°C => kerroin 0,94 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.14, SFS 600-1-1)

Kaapeli vedetään hyllyreitille, jossa on 3 hyllyä ja 9 kpl kaapeleita => kerroin 0,66 (ST-käsikirja 30, taulukko B.52.20, SFS 600-1-1)

Tästä seuraa, että korjauskerroin ( $k$ ) =  $0,94 \times 0,66 = 0,6204 \approx 0,62$

Tästä taas seuraa, että kaapelin suurin kuormitettavuus korjauskertoimella 0,62 on 139,5A. Tässä tapauksessa kaapeli soveltuu käytettäväksi.

Kun kaapeli reititetään alueelle, jossa ympäristön lämpötila nousee 50°C ja kaapelihyllyjä on 6 kpl päällekkäin. Lisäksi hyllyllä on 9 kpl kaapeleita.

Tästä seuraa, että korjauskertoimeksi pitää asettaa 0,45. Valittua kaapelia ei voida käyttää, koska kaapelin sallittu kuormitettavuus laskee 101 Ampeeriin. AXMK 4x150/41 kaapelilla suurin sallittu kuormitusvirta kyseisellä korjauskertoimella on 117 A. Sekään ei sovellu käytettäväksi. Näin ollen kaapeliksi pitää valita vähintään AXMK 4x185, jolloin suurin sallittu kuormitusvirta on 134 A.

Kaapeloinnin materiaalikustannukset ovat AXMK 4x120/41 kaapelilla 25,5 eur/m ja AXMK 4x185/57 kaapelilla 37 eur/m. 100 metrin kaapelointi maksaa siis 1150 eur enemmän pelkän kaapelin osalta, kun kaapeli vedetään kaapelireitillä, jossa on enemmän kaapeleita ja ympäristön lämpötila on korkeampi.

## 7 TURVALLISUUS

Turvallisuus on Yarassa kaiken toiminnan lähtökohta. Kaikki tapaturmat ovat estettävissä. Yaralla on käytössä työlupajärjestelmä, jolla kartoitetaan työhön liittyvät riskit ja niiden hallintakeinot. (Taskinen, 2018)

### 7.1 Työlupajärjestelmä- Electronic Work Permit (eWP)

Työlupajärjestelmällä laaditaan kaikki työluvat ja lähtökohtaisesti kaikki työt vaativat työluvan. Poikkeuksena on työt, joista on tehty erillinen työohje ja hyväksytetty toiminnon päälliköllä. Myöskään erikseen määritellyt matalanriskin työt eivät tarvitse työlupaa. Matalan riskin töitä ovat mm. korjaamolla tehtävät työt sekä esimerkiksi pienet jännitteettömänä tehtävät kytkentätyöt.

Kaapelihyllyusinnat ovat riskialttiita töitä. Uusittavilla hyllyillä on jännitteisiä kaapeleita sekä purkamattomia kaapeleita. Lisäksi hyllyille ja kaapeleiden päälle on aikojen saatossa muodostunut pölykerros, joka on mahdollisesti kontaminoitunut hapoilla ja kiertovedellä. Purkamattomat kaapelit muodostavat myös sähköiskun vaaran indusoituvan sähköenergian vuoksi. Lisäksi työ suoritetaan usein henkilönostimesta tai telineeltä käsin, jossa on putoamisvaara.

Ennen työn suorittamista toiminnon asiantuntija laatii työluvan. Työlupa nostetaan esille mahdolliset riskipaikat ja niiden hallintakeinot.

Käsivammat ovat yleisin tapaturma. Johtoreittien uusinnassa ja kaapeleiden purussa se on myös merkittävä mahdollinen tapaturma. Siksi siihen täytyy kiinnittää erityistä huomiota suojaamalla kädet viiltosuojahanskoilla sekä pukeutumalla asianmukaisiin suojavaatteisiin.

Työkalut mainitaan myös työlupakaavakkeessa. Väärä työkalu voi aiheuttaa tapaturman. Esimerkiksi jokoavaimen käyttö lenkkiavaimen sijaan, tai sopimaton ruuvimeisseli kannen avaamiseen.

Sähkötöissä on tärkeää, että työn suorittajat ovat ammattitaitoisia ja päteviä siihen työhön, jota suorittavat. Sähköiskun vaara on aina läsnä, kun tehdään sähkötöitä jännitteisten osien läheisyydessä. Sen vuoksi hallintakeinoksi mainitaan eristävät työkalut sekä jännitteettömyyden toteaminen mitaamalla aina kun kytketään tai irti kytketään johtimia tms.

Yleiseen turvallisuuteen kuuluu, että huolehditaan tarvittavista henkilökohtaisista suojaamista. Yksi merkittävin on silmien suojaus. Johtoteiden uusinnassa on merkittävä riski saada silmiin happoisia partikkeleita ilman silmien suojaamista. Fosforihappotehtaalla on käytettävä kaikkialla tuotantotiloissa umpinaisia silmänsuojaimia. Lisäksi kypärä ja kuulonsuojaimet kuuluvat vakiosuojaimiin.

Johtoreittien uusintatyöhön liittyy oleellisesti myös putoamisvaara. Työskentely vaatii usein joko henkilönostimen tai telineet. On tärkeää tarkastaa telineet henkilökohtaisesti ennen käyttöä. Henkilönostimessa on käytettävä myös turvalajaita.

Prosessihäiriöt ovat mahdollisia työn aikana. Ne voivat johtua työstä riippumattomista syistä tai niitä voi aiheutua purettaessa vanhoja kaapeleita. Näihin pitää varautua ennakkoon ja tiedostaa lähimmän suojahuoneen ja hätäsuihkun sijainti. Jos arvioidaan työn aikana prosessille aiheutuvan riskejä, niin työ on keskeytettävä ja työ voidaan suorittaa esimerkiksi sopivassa huoltoseisokissa.

## 7.2 Sähkötyön SSJA lomake (Simplified Safe Job Analysis)

Sähkötyön SSJA lomake on yksinkertainen turvallisuusarvio, joka täytetään aina ennen työn aloitusta työkohteessa. Siinä arvioidaan työssä esiintyvät riskit ja niiden hallintakeinot. Kaikki työryhmän jäsenet osallistuvat SSJA:n läpikäyntiin ja kuittaavat sen läpikäydyksi omalla allekirjoituksellaan. Sähkötyöt tehdään lähes poikkeuksetta aina jännitteettömänä. SSJA lomakkeesta on esimerkki liitteessä 1.

## 8 YHTEENVETO

Yaran Siilinjärven tehtaita on aloitettu rakentamaan 1960 luvulla. Fosforihappotehdas aloitti toimintansa vuonna 1969. Vanhimmat kaapelit- ja johtoreitit ovat kyseiseltä ajalta. Alkuperäisistä kaapeleista läheskään kaikki kaapelit eivät ole enää käytössä, mutta valitettavan monet kaapelit ovat jääneet purkamattomina kaapelihyllyille. Tehtaalla on tehty myös useita laajennushankkeita, jolloin on rakennettu uusia johtoreittejä ja lisätty kaapeleita vanhoille johtoreiteille. Myös automaation voimakas lisääntyminen on kuormittanut johtoreittejä. Taajuusmuuttajakäyttöjen jatkuva lisääntyminen on johtanut myös siihen, että uutta kaapeloitavaa riittää. Lisäksi tehdastiloissa on runsaasti purkamattomia kaapeleita, joita ei ole asianmukaisesti päätetty esimerkiksi jakorasiaan. Purkamattomat kaapelit läpivienneissä vievät tilaa uusilta kaapeleilta ja sen vuoksi joudutaan tekemään uusia johtoläpivientejä.

Purkamattomien kaapeleiden lisäksi toinen huomiota kaipaava seikka on johtoreittien kunto. Korrosio on heikentänyt hyllyrakenteita ja hyllyjen kannakointia. Korroosiota aiheuttaa fosforihappotehtaalla happamat ja syövyttävät nesteet sekä kaasut. Lisäksi hyllyrakenteita kuormittavat mekaanisesti hyllyille kertyneet pölyt ja slurryroiskeet. Ulkotiloissa johtoreittejä ja kaapeleita rasittavat mekaaniset rasitukset sekä auringon valo. Kipsimäellä sääolosuhteet ovat tavallista rankemmat.

Tässä opinnäytetyössä on käyty läpi johtoreittejä, jotka kaipaavat pikaista korjaamista. Vaikka korjattavaa on paljon, niin paljon on myös vuosien varrella korjattu ja uusittu. Kuten on useampaan kertaan todettu, niin johtoreitit vaativat säännöllistä seuranta ja kunnossapitoa.

Johtoreittien ennakkohuoltoon ja kunnonseurantaan kannattaa panostaa. Kuntoa kannattaa seurata säännöllisillä kenttäkierroksilla, joilla tehdään visuaalisia tarkasteluita. Lämpökuvaaminen on myös yksi tapa, mutta tässä opinnäytetyössä lopputulema sen suhteen ei ole rohkaiseva. On todettu, että kaapelit lämpenevät johtonippujen sisällä, mutta se ei näy välttämättä ulospäin.

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni minulle muodostui parempi kokonaiskuva johtoreitteihin liittyvästä lainsäädännöstä sekä todellisuudesta kentällä. Jatkossa pitää kiinnittää huomiota eri projekteja suunnitellessa, että vähintäänkin projektiin liittyvät käytöstä poistetut kaapelit tulee purettua pois ja niille varataan resurssit. Samoin pitää kiinnittää huomiota uusia johtoreittejä suunnitellessa, että ne eivät rajoita kunnossapidollisia töitä. (mm. nostotyöt, pumppujen ja moottorien vaihdot jne.)

Käytöstä poistettuja kaapeleita kannattaa ja pitää purkaa pois. Se maksaa itsensä takaisin myöhemmin tehtävissä projekteissa. Ja ennen kaikkea se on turvallisuuskysymys.

## LÄHTEET

Finlex. (16. 12. 2016). *Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135*. Haettu 18. 12. 2023 osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Prysmiangroup. (ei pvm). *Kaapelin kuormitettavuus*. Haettu 18. 12. 2023 osoitteesta Prysmiangroup: <https://fi-catalogue.prysmiangroup.com>

Suomen standardoimisliitto. (08. 2022). *SFS6000*. Haettu 18. 12. 2023 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>


Sähköinfo Oy. (2019). Sähkötekniisiä taulukoita. Teoksessa S. Oy, *ST- käsikirja 30*.

Taskinen, J. (2018). *Sähköisen työlupajärjestelmän käyttöönoton suunnittelu ja toteutus Yara Siilinjärven toimipaikalla*. Haettu 18. 12. 2023 osoitteesta Theseus: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805147953>

Yara. (ei pvm). *Esittelymateriaali*. Haettu 18. 12. 2023 osoitteesta Yara: <https://yara.sharepoint.com/>



## LIITE 1: SSJA LOMAKE

 <b>SSJA</b>		<b>Sähkötyön yksinkertainen turvallisuusarvio</b> Työn nimi: _____		Päivämäärä _____ Työn numero _____ Työluvan nro _____		
Työnaikainen sähkötyöturvallisuuden valvoja:						
Työssäni esiintyvät vaaratekijät ja niiden hallintakeinot:						
_____						
_____						
<b>TYÖN SUORITTAJA:</b> Täytä seuraavat tarkistusksymykset ennen kuin aloitat työn suorittamisen. (Kyllä "X", ja tarvittaessa sanallinen kuvaus, ei koske työtehtävää "-")						
<b>Työn valmistelu ja arviointi</b>		<b>Kyllä</b>	<b>Kommentit</b>			
Oletko tarkastanut kaikkien käsityökalujen ja nostoapuvälineiden kunnon? (mekaaniset ja sähkötyökalut, nostoliinat...)						
Onko työkalut työhön sopivat ja määräysten mukaiset?						
Onko käyttämäsi työskentelytapa ja -asento turvallinen (työkalujen käyttö)?						
Oletko estänyt työkalujen ja -materiaalien mahdollisen putoamisen?						
<b>Työluvat ja muut dokumentit</b>						
Onko sinulla tarvittavat työluvat (työluva tai tulityöluva)?						
Onko ohjaamo tietoinen työstä ja myöntänyt työluvan?						
Oletko oikeassa paikassa ja ilmoittautunut ohjaamossa?						
Oletko ymmärtänyt työluvan ehdot ja ovatko ne täyttyneet?						
Onko sinulla riittävät asiakirjat/piirustukset käytettävissäsi?						
Oletko saanut riittävän perehdytyksen työtehtävään ja työympäristöön?						
<b>Työkohde ja sen ympäristö</b>						
Onko ympäristössä venttiilejä/vipuja, joihin voit osua työskennellessäsi?						
Oletko huomionut työkohteen erityispiirteet, sokeoinnit, ohitukset yms.?						
Tiedätkö missä on lähin hätäsiuhku, alkusammutusvälineet, paloilmoitinpainikkeet, suojahuone, poistumistiet ja ensiaputarvikkeet?						
Oletko tietoinen muista töistä (ylä- tai alapuoli, lähistöllä)?						
Onko sinulla ko. kohteessa tarvittavat henkilönsuojaimet? Entä kaasumittari?						
Onko telineet asianmukaiset ja hyväksytyt?						
Voivatko olosuhteet muuttua työn kestäessä? (Uusi riskiarvio SSJA)						
<b>Työmenetelmän valinta</b>		<b>Kyllä</b>	<b>Kommentit</b>			
Jännitteettömänä työskentely						
Työ jännitteisten osien läheisyydessä						
Jännitetyö, vaatii aina tapauskohtaisen luvan; täytettävä SJA						
Vakiintunut toimenpide (käyttötöimenpide, toiminnan tarkastus, mittaus, testaus, sulakkeiden vaihto.)						
Käytettävä jännitetyökäsineitä (vaara kohteita jännitteisiä osia muulla kun asiamukaisella välineellä.)						
Arvioidaan toimenpiteen vaikutukset sähkölaitteiston tilaan ja prosessin toimintaan						
Työkohde on tunnistettu piirustuksista, kaavioista ja merkinnöistä						
<b>Jännitteettömänä työskentely SFS 6002.6.2</b>		<b>Kyllä</b>	<b>Ennakoiva toimenpide</b>			
Täydellinen erottaminen 6.2.2, lakajänne, vieras ohjauksen, UPS, varavoima, jännitteenvaraus						
Jännitteen kytkemisen estäminen 6.2.3, lukitukset, varoituskilvet, kauko-ohjaus						
Jännitteettömyyden toteaminen 6.2.4, mittalaitteen toiminta varmistettu, mitataan kaikista navoista						
Työmaadoittaminen 6.2.5						
Arvioidaan jääkö työalueen lähelle jännitteisiä osia 6.2.6						
<b>Työ jännitteisten osien läheisyydessä SFS 6002.6.4 ja SFS 6002 liite Z</b>						
Käytettävä henkilökohtaisia suojavarusteita esim. rajauksessa visiri, jännitetyökäsineet jne.		<b>Kyllä</b>	<b>Kommentit</b>			
Työssä on vaara joutua lähialueelle tai jännitetyöalueelle						
Työ on mahdollista tehdä riittävää etäisyyttä noudattaen, sähköisku, valokaari						
Jännitteiset osat on suojattava työskentelysuojilla, sähköisku, valokaari						
Työalue on rajattu merkinnöillä ja suojuksilla, suojat, kotelot, liput, eristävät päällykset						
<b>Kaikkien työhön osallistuvien allekirjoitukset ja nimien selvennykset, kun tämä turvallisuusarvio on yhdessä läpikäyty</b>						
1) _____		4) _____				
2) _____		5) _____				
3) _____		6) _____				
<b>Tarkistuslista työn päättyessä (työn suorittaja)</b>				<b>Kyllä</b>	<b>Ei</b>	<b>Ei tarvita</b>
Työryhmät päättäneet työskentelyn, mahdollinen toimintakoe suoritettu ja työpaikka siivottu						
Käyttöönottotarkastus tehty, henkilökohtainen turvalukko poistettu ja tilanne palautettu sovituksi						
Työkuvuihin mahdolliset muutokset tehty ja palautettu tilaajalle						
Mahdolliset huomautukset						
Suorittajan allekirjoitus						
<b>Säilytä työn aikana kaavake työluvan mukana. Arkistoidaan työn päättyttyä työluvan ja muun dokumentaation mukana.</b>						

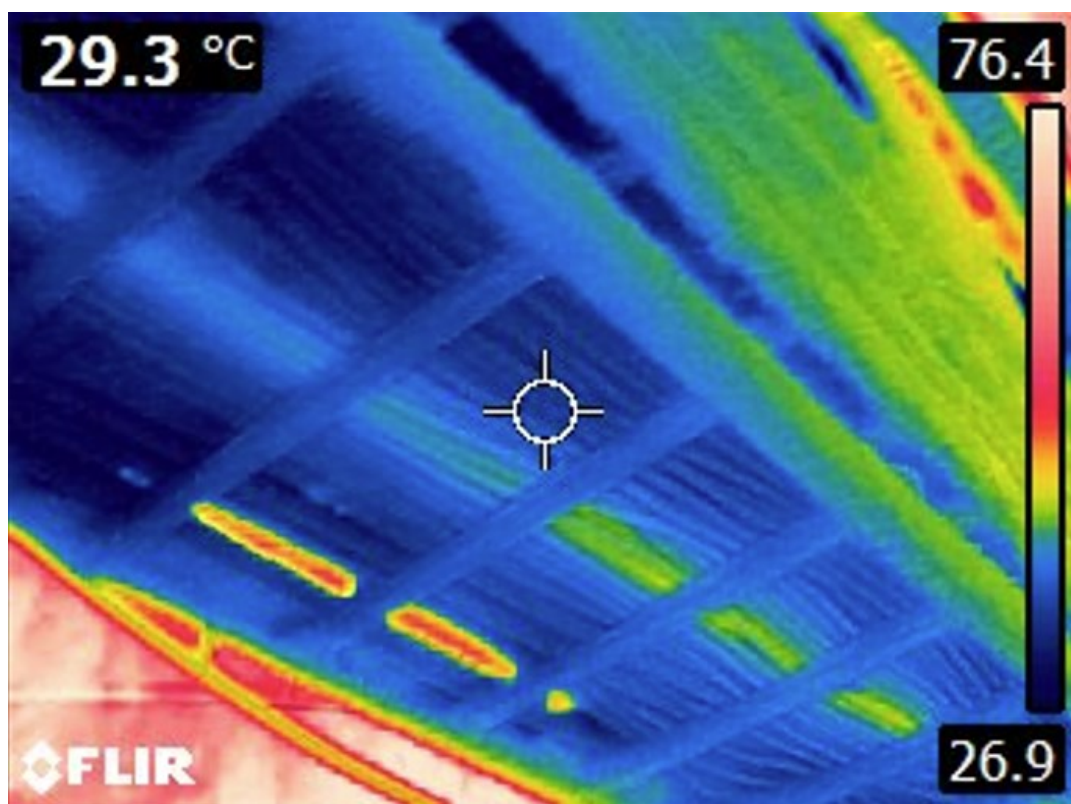
## LIITE 2: TYÖLUPAKAAVAKE

Pienjännitetyö (alle 1000V) : YARA-SVI-452343		Tila:	Suljettu
Mikään työ ei ole niin tärkeä tai kiireellinen, etteikö sitä voisi tehdä turvallisesti			
Voimassa alkaen:	20.01.2023 07.18	Päättyy :	20.01.2023 19.00
<b>Nimi</b>		<b>Kaapelihyllyn uusiminen FHT alakerta</b>	
Työn kuvaus		Tällä työluvalla uusitaan FHT alakerrassa FLV3 alipainepumpun yläpuolella oleva kaapelihylly ja puretaan käytöstä poistettuja kaapeleita.	
<b>Tiedot</b>			
Osa	Fosforihappotehdas		
Työkohteen sijainti	FHT 1 KRS		
	FHT 2 KRS		
Työkohteen	FHT 1 KRS. Sähkönjakelu		
Henkilömäärä	3		
Käytettävät työkalut	Sähkömiehen käsityökalut		
Turvaerotusvaatimus	Ei vaadita		
Vastaanotto vaaditaan?	Ei		
	Nimi		
	Pvm.		
	Allekirjoitus		
Kuka myöntää työluvan?	FHT ohjaamo		
Työn suorittaja(t)	Kolmensähkö		
Työsuorittajan puh.	-		
Yaran yhteyshenkilö ja puh.	Tuomas Tissari 050 4353256		
SJA vaaditaan	No		
Vaadittavan riskinarvion taso	1		
<b>Pvm. &amp; nimi</b>	<b>Merkinnät myönnettäessä</b>		
<b>Liitteet</b>			
Nimi	Numero	Nimi	
<b>Vaaratekijä – tehtävät, prosessi ja työkohteen</b>			
Vaaratekijän kuvaus	Hallintakeinot	Ryhmä	
Viiltohaavat (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Viiltosuojauskat	Suorittaja	
Tikapuut (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Käytä vain hyväksytyjä ja tarkastettuja välineitä	Suorittaja	
Työkalut (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Käytä sopivia työkaluja (Vältä esim. jakoavaimen käyttöä)	Suorittaja	
	Käytä työhön sopivia hanskoja	Suorittaja	
Käsiin kohdistuvat vammat (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Keskitytään työhön jota ollaan tekemässä	Suorittaja	
	Käytetään ainoastaan työhön tarkoitettuja työkaluja	Suorittaja	
Pienjännite (LV) (Sähkö)	Käytettävä erillistä sähkö SSJA:ta	Suorittaja	
	Käytettävä vain eristettyjä työkaluja.	Suorittaja	
	Työntekijöiden oltava päteviä työhön	Suorittaja	
SVI-452343	18 joulukuuta 2023 19.18	Sivu 1 / 5	



Yleinen turvallisuus (Yleinen)	Käytä kypärää, suojalaseja, kuulonsuojausta, oikeanlaisia vaatekappaleita ja turvakengkiä	Suorittaja
Tiedon/taidon puute (Työn yleiset riskit)	Perehdyttäminen annettu etukäteen (Tilaaaja)	Kunnossapito
	Perehdytys (Suorittajan allekirjoitus)	Suorittaja
Henkilönostin (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Käytä henkilökohtaista putoamissuojausta (valjaat + tarrain)	Suorittaja
Sähkötökalut (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Silmämääräinen työkalujen tarkastus	Suorittaja
	Sähkötökalujen tarkastukset oltava voimassa	Suorittaja
	Vikavirtasuojaus	Suorittaja
Telineet (Työn tyyppi/laitteet/työkalut)	Tarkasta telinäkortti ja telinoiden kunto	Suorittaja
	Tarkista ennen käyttöä, että telin on sääntöjen mukainen	Suorittaja
Prosessihäiriöt (Yleinen)	Arvioidaan toimenpiteen vaikutus prosessin toimintaan	Suorittaja
Olosuhteet (Työn yleiset riskit)	Työkohteen ympäröivän alueen tarkastus	Suorittaja

LIITE 3: LÄMPÖKUVA JOHTOREITISTÄ FH248A JA FH248B SÄILIÖIDEN VÄLISSÄ



## LIITE 4: TAULUKKO SFS 6000-5-52 B52.14

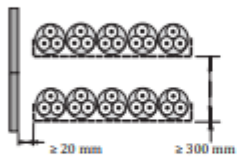
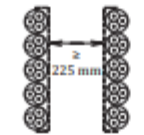
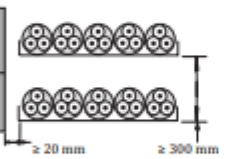
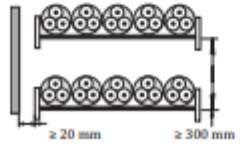
**Taulukko B.52.14 – Vapaasti ilmassa olevien kaapelien korjauskertoimet muille ympäristön lämpötiloille kuin 30 °C**

Ympäristön lämpötila <sup>a</sup> °C	Eristys			
	PVC	PEX ja EPR	Mineraali <sup>a</sup>	
			PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa 70 °C	Paljas, ei kosketeltavissa 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

<sup>a</sup> Korkeammilla ympäristön lämpötiloilla sovelletaan valmistajan antamia arvoja.

## LIITE 5: TAULUKKO SFS 6000-5-52 B 52.20

**Taulukko B.52.20 Korjauskertoimet usean monijohdinkaapelin ryhmälle verrattuna yhden monijohdinkaapelin asennukseen kuormitettavuuteen vapaasti ilmassa**  
**- Taulukoiden B.52.8 - B.52.13 asennustapa E**

Taulukon A.52.3 mukainen asennustapa		Hyllyjen tai tikkaiden lukumäärä	Hyllyllä tai tikkaalla olevien kaapelien lukumäärä							
			1	2	3	4	6	9		
Rei'itetyt kaapelihyllyt (HUOM. 3)	31	<p>Koskettavat toisiaan</p> 	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73	
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68	
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66	
			6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,68	0,64	
	Erillään	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-		
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-		
3		1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-			
Pystysuorat rei'itetyt kaapelihyllyt (HUOM. 4)	31	<p>Koskettavat toisiaan</p> 	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72	
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70	
			Erillään	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-
				2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-
	Rei'ittämättömät kaapelihyllyt	31	<p>Koskettavat toisiaan</p> 	1	0,97	0,84	0,78	0,75	0,71	0,68
				2	0,97	0,83	0,76	0,72	0,68	0,63
3				0,97	0,82	0,75	0,71	0,66	0,61	
6				0,97	0,81	0,73	0,69	0,63	0,58	
Tikas, tuet, kiinnikkeet yms. (HUOM. 3)	32 33 34	<p>Koskettavat toisiaan</p> 	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78	
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73	
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70	
			6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,68	0,64	