



KIINTEISTÖJEN TELEKAAPELIT

Joonas Suhonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähköisen talotekniikan suuntautu-
misvaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähköisen talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

SUHONEN, JOONAS:
Kiinteistöjen telekaapelit

Opinnäytetyö 83 sivua, josta liitteitä 16 sivua
Huhtikuu 2012

Viime vuosien nopea teknillinen kehitys on vaikuttanut myös kiinteistöjen sähköjärjestelmiin. Merkittävimmin tämä kehitys näkyy kiinteistöjen telekaapeloinnissa. Telekaapelointi on viimeisen kymmenen vuoden aikana lisääntynyt, ja siitä on tullut tärkeä osa kiinteistöjen sähköjärjestelmiä. Telekaapeloinnin avulla kiinteistöissä voidaan toteuttaa erilaisia järjestelmiä, jotka vaikuttavat esimerkiksi asumis- ja käyttömukavuuteen sekä turvallisuusasioihin. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, millaisia telekaapeleita kiinteistöissä tällä hetkellä käytetään ja miten standardit ja määräykset ohjaavat telekaapelivalintoja. Työhön tarvittavat tiedot kerättiin aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta ja kaapelivalmistajien esitteistä.

Tulokseksi saatiin opinnäytetyö, josta selviävät perustiedot tällä hetkellä käytössä olevista telekaapeleista. Opinnäytetyössä on esitetty käytettävät telekaapelit, niiden rakenne, ominaisuudet, käyttökohteet sekä asennuksiin liittyviä asioita. Lisäksi työstä selviävät tärkeimmät standardit ja määräykset, jotka koskevat kiinteistöjen telekaapeleita. Tämä opinnäytetyö toimii tietopakettina esimerkiksi alan opiskelijoille tai muille aiheesta kiinnostuneille.

Saaduista tuloksista voidaan päätellä, että kiinteistöjen telekaapeleiden tyypit ja perusrakenteet ovat pysyneet samoina jo vuosikymmeniä, mutta tästä huolimatta kehitystä on tapahtunut paljon. Suurin kehitys näkyy materiaaleissa, suojausmenetelmissä ja kaapeleiden tiedonsiirto-ominaisuuksissa. Kehitystä on tapahtunut myös standardien ja määräysten puolella. Telekaapeleihin liittyvät standardit päivittyvät muutaman vuoden välein vastaamaan sen hetkistä tilannetta. Jotta telekaapeleiden kehityksessä pysyy ajan tasalla, on vuosittain tutkittava, mitä kehitysratkaisuja ja muutoksia on tullut telekaapeleihin ja niitä koskeviin standardeihin sekä määräyksiin.

Asiasanat: telekaapeli, parikaapeli, optinen kaapeli, valokuitu, yleiskaapelointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Electrical Engineering
Option of Building Services Engineering

SUHONEN, JOONAS:
Communications cables of real estates

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 16 pages
April 2012

The quick technical development during the last few years has also affected the electric systems of real estates. Most significantly this can be seen in the communications cabling of real estates. Communications cabling has increased during the ten last years and it has become an important part of the electric systems of real estates. The purpose of this thesis was to collect information on what kind of communications cables are used in real estates at the moment. The data were collected from literature and the cable manufacturers' brochures.

This thesis is an information packet of the communications cables of real estates. In the work the communications cables, their structure, properties, the applications and the matters that are related to the installations have been discussed. The most important standards and regulations that apply to the communications cables become clear in the thesis. This thesis is an information packet for example for the students of the field.

The findings indicate that the types and basic structures of the communications cables of real estates have remained the same for decades. The biggest development can be seen in materials, protection methods and data transfer properties. Development has taken place in the standards and regulations also. The standards are updated at intervals of every few years. Because of the developments, the changes in the communications cables and their standards should be regularly examined.

Key words: communications cable, twisted pair, optical fibre, generic cabling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SÄHKÖISET TELEKAAPELIT.....	7
2.1	Parikaapeli	7
2.1.1	Parikaapelin rakenne	8
2.1.2	Parikaapelien ominaisuudet	10
2.1.3	Parikaapelien luokittelu.....	12
2.1.4	Parikaapelien värijärjestelmät	13
2.1.5	Parikaapelien valintakriteerit	14
2.2	Parikaapelien käyttö kiinteistössä.....	15
2.2.1	Yleiskaapelointi.....	15
2.2.2	Puhelinverkot	16
2.2.3	Paloilmoitinjärjestelmät	17
2.2.4	Turvavalaistus	17
2.2.5	Kulunvalvontajärjestelmät	18
2.2.6	Kiinteistöautomaatio	18
2.2.7	Muut käytössä olevat kaapelityypit.....	18
2.3	Koaksiaalikaapeli.....	19
2.3.1	Koaksiaalikaapelin rakenne	20
2.3.2	Koaksiaalikaapelien ominaisuudet.....	21
2.3.3	Koaksiaalikaapelin tiedonsiirto.....	22
2.3.4	Koaksiaalikaapelien valinta	22
2.3.5	Koaksiaalikaapelien käyttö kiinteistöissä	23
3	OPTISET TELEKAAPELIT.....	24
3.1	Optisen tiedonsiirron historia.....	24
3.2	Optisten telekaapeleiden rakenne	25
3.3	Optiset kuitutyypit	27
3.3.1	Monimuotokuitu.....	29
3.3.2	Yksimuotokuitu.....	29
3.4	Optisten telekaapeleiden ominaisuudet ja erilaiset kuitutyypit	30
3.4.1	Mekaaniset ominaisuudet.....	30
3.4.2	Optiset ominaisuudet.....	31
3.4.3	Kuitutyypit	32
3.5	Optisten telekaapeleiden värijärjestelmä	34
3.6	Optisten telekaapeleiden käyttö kiinteistöissä	35
4	TELEKAAPELEIDEN ASENNUS	38
4.1	Asennusten aloittaminen.....	38
4.2	Telekaapeleiden asennusolosuhteet	38
4.3	Telekaapeleiden asennusominaisuudet	39
4.3.1	Pienin sallittu taivutussäde.....	39
4.3.2	Pienin sallittu asennuslämpötila.....	40
4.3.3	Suurin sallittu vetovoima ja puristuslujuus	40
4.4	Kaapelikelojen ja -nippujen käsittely ja purkaminen.....	41
4.5	Kaapelin veto	41
4.6	Telekaapeleiden asennustavat.....	42
4.6.1	Asentaminen kaapelihyllylle.....	42
4.6.2	Asentaminen putkeen	43
4.6.3	Asentaminen johtokanavaan tai sähkölistaan.....	43
4.6.4	Asentaminen seinä- tai kattopinnoille.....	44
4.7	Nousu- ja kerroskaapelointi	44

4.8	Asennusten paloturvallisuus	45
4.9	Sähkömagneettinen yhteensopivuus	46
5	TELEKAAPELEITA KOSKEVAT STANDARDIT	47
5.1	Yleiskaapelointia koskeva EN 50173-sarja	47
5.2	Yleiskaapeloinnin rakenne ja toiminnalliset osat	48
5.3	SFS-EN 50173-1 Yleiset vaatimukset	49
5.3.1	Kanavien suorituskyky	49
5.3.2	Kaapeleiden vaatimukset	52
5.4	SFS-EN 50173-2 Toimistotilat	53
5.4.1	Kanavien suorituskyky kiinteistössä	54
5.4.2	Telekaapelit toimistokiinteistöissä	54
5.5	EN 50173-3 Teollisuus	54
5.6	SFS-EN 50173-4 Koti	55
5.7	Standardisarja SFS-EN 50174 Suunnittelu, asennus ja ylläpito	55
5.7.1	Standardi SFS-EN 50174-1 Asennusspesifikaatio	56
5.7.2	Standardi SFS-EN 50174-2 Sisätilat	56
5.8	Standardi SFS-EN 50346 Testausvaatimukset	59
5.9	Muut telekaapelointiin liittyvät standardit	60
5.10	Yhteenvedo telekaapeleita koskevista standardeista	61
5.11	Viestintäviraston määräykset	62
6	POHDINTA	64
	LÄHTEET	65
	LIITTEET	68
	Liite 1. Värikartat parikaapeleille	68
	Liite 2. Kategorian 6 tietoverkkokaapeli	69
	Liite 3. MHS-tyypin parikaapeli	70
	Liite 4. MMSA-LSZH -kaapeli	71
	Liite 5. KLMA-kaapeli	72
	Liite 6. JAMAK-C LSZH -kaapeli	73
	Liite 7. LONAK-kaapeli	74
	Liite 8. TELLU 3, 5 ja 7 -koaksiaalikaapelit	75
	Liite 9. TELLU 13 -koaksiaalikaapelit	76
	Liite 10. Drakan ja Nestor Cables:in värikortit valokaapeleille	77
	Liite 11. FMS-valokaapeli	78
	Liite 12. FTMS-valokaapeli	79
	Liite 13. Hybridikaapeli	80
	Liite 14. Ympäristöluokitusten yksityiskohdat	81
	Liite 15. Koaksiaalikaapelien sähköiset ja mekaaniset vaatimukset	83

1 JOHDANTO

Tekniikan kehittyessä nopeaa tahtia myös rakennusten erilaiset sähköiset järjestelmät kehittyvät. Nämä järjestelmät ja niiden sisältämät komponentit on saatava kytkettyä toisiinsa luotettavasti tiedonsiirtoa varten. Kiinteistöissä käytetään telekaapeleita välittämään tätä informaatiota. Informaation välittyminen kiinteistöissä on nykyään tärkeätä niin työpaikoilla kuin tavallisissa suomalaisissa kodeissa. Kiinteistöissä on lisääntyvässä määrin erilaisia järjestelmiä, joissa informaation tulee siirtyä. Kyseisiä järjestelmiä ovat esimerkiksi paloilmoin-, rikosilmoin-, antenni-, kulunvalvonta- ja äänentoistojärjestelmät.

Rakennusten sähköistys on muuttunut viime vuosikymmenen aikana huomattavasti. Enää ei sähkösuunnittelija voi turvautua vanhaan ja yksinkertaiseen ratkaisuun, jolloin ainoat telekaapelit kiinteistöissä olivat puhelin- ja antennikaapelointi. Nykyään rakennusautomaatiojärjestelmät ovat lisänneet suosiotaan. Ihmiset haluavat yhä enemmän uusia ratkaisuja kaikenlaisiin kiinteistötyyppeihin niin työpaikoille kuin kotiin. Jotta kaikki järjestelmät toimisivat ja pystyisivät tuottamaan haluttuja asioita, tarvitaan hyvä ja ajan tasalla oleva telekaapelointi.

Kiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmien yleistyessä alan tekniikka ja standardit kehittyvät nopeasti, joten ajanmukaista tietoa on haastava löytää. Tutkintotyöni tarkoituksena oli koota tietopaketti kiinteistöjen telekaapeleista. Tietopaketti sisältää tietoa erilaisista kaapelityypeistä, käyttötarkoituksista, valinnasta ja asennuksista. Lisäksi työssä käsitellään telekaapeleita koskevat tämänhetkiset standardit. Pääpaino työssä on tällä hetkellä käytössä olevilla kiinteistöjen telekaapeleilla.

Tutkintotyöhön kootun tietopaketin avulla alan opiskelijat ja muut asiasta kiinnostuneet voivat saada ajanmukaista tietoa kiinteistöjen telekaapelista. Tavoitteena on, että tutkintotyön lukemisen jälkeen lukija ymmärtää, millaisia telekaapeleita kiinteistöissä nykyään käytetään ja millaisiin järjestelmiin. Lisäksi lukija saa käsityksen siitä, millaiset standardit ohjaavat kiinteistöjen telekaapelointia.

2 SÄHKÖISET TELEKAAPELIT

Telekaapelointi lisääntyy kiinteistöissä vuosi vuodelta, koska siirrettävää informaatiota on yhä enemmän. Telekaapeleiden tulee siirtää esimerkiksi kuvaa, ääntä, dataa, videota ja tekstiä. Tästä syystä telekaapelointi kehittyy nopeasti. Päällisin puolin uudet kaapelit saattavat näyttää samalta kuin esimerkiksi kymmenen vuotta vanhat telekaapelit. Kuitenkin uusimpien kaapeleiden rakenteisiin ja materiaaleihin liittyy ominaisuuksia, joilla vaikutetaan siihen, että kaapelin tarjoama suorituskyky kasvaa. Näin pystytään siirtämään enemmän dataa lyhyemmässä ajassa. Myös kaapeleiden muita ominaisuuksia pyritään parantamaan, kuten esimerkiksi asennettavuutta ja käyttöikä.

Sähköisissä telekaapeleissa johdinmateriaalina on yleisimmin kupari. Kuparijohtimien rinnalle on viime vuosikymmenellä tullut optiset kaapelit. Optiset kuidut ovat syrjäyttäneet monella osa-alueella sähköiset telekaapelit. Sähköisillä telekaapeleilla on kuitenkin ominaisuuksia, jotka pitävät ne mukana telekaapeliratkaisuissa vielä pitkään. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi kuparijohtimien helppo työstäminen ja liittäminen. Tästä syystä sähköisten telekaapeleiden toiminta ja ominaisuudet on hyvä tuntea ja tiedostaa. (Granlund 2007, 41.)

Seuraavassa on esitetty yleisimmät sähköisten telekaapeleiden tyypit ja niiden toiminta-periaatteet. Sähköisessä telekaapelissa informaatio siirretään jännitteenä ja sähkövirtana metallisia johtimia pitkin. Lisäksi selvitetään, minkätyyppisillä telekaapeleilla tällä hetkellä toteutetaan esimerkiksi yleiskaapelointi kiinteistöissä.

2.1 Parikaapeli

Parikaapeli (Twisted Pair) on viralliselta nimeltään symmetrinen kaapeli, mutta puheessa ja kirjoitetussa tekstissä käytetään yleisesti nimitystä parikaapeli. Parikaapeli on yksi tunnetuimmista telekaapeleista ihmisten keskuudessa. Tämä johtuu siitä, että parikaapelia käytetään paljon tietoliikenteessä ja puhelintekniikassa. Lähes jokaisesta suomalaisesta kodista löytyy useita parikaapeleita, esimerkiksi langallinen Internet-yhteys toteutetaan monesti parikaapelointia apuna käyttäen. (Granlund 2007, 42.)

2.1.1 Parikaapelin rakenne

Parikaapelin rakenne muodostuu johdinparista tai -pareista, jotka on kierretty symmetrisesti yhteen niin kuin kuviossa 1. Johdinparien johtimet ovat eristettyjä ja johtimen materiaalina on lähes aina kupari. Nämä johdinparit on usein kaapeloitu yhteen eli ne ovat kerrattuja. Lisäksi kaapeli on varustettu muovivaipalla. Johdinparit kierretään toisiinsa, koska tämä vähentää johtimien välille syntyvää häiriötä. Kaikkiin kaapeleihin syntyy häiriötä ympäristöstä, kuten esimerkiksi toisten johtimien aiheuttama ylikuuluminen tai taustasäteilystä johtuva kohina. Näitä häiriöitä saadaan tasattua johdinparien symmetrisellä yhteen kietomisella. (Koivisto, Kovalainen, Marttila, Mäkinen & Naskali 2005, 12.)



KUVIO 1. Neliparinen parikaapeli (Ipcom 2012)

Parikaapelin johdinmateriaali on yleisesti hehkutettu kuparilanka, jonka halkaisija on normaalisti välillä 0,5–0,65 mm. Kuparijohtimen halkaisijalla pystytään vaikuttamaan parikaapelien ominaisuuksiin. Suuremmalla halkaisijalla pystytään siirtämään informaatiota suuremmalla taajuudella, eli siirto tapahtuu nopeammin. Huonona puolena halkaisijan kasvussa on se, että tällöin myös koko kaapelin halkaisija kasvaa, jolloin asennukset vaativat enemmän tilaa. Kuparilangan ollessa hyvälaatuista ja puhdasta sekä halkaisijaltaan tasalaatuista, pystytään välttämään häiriöitä ja tiedonsiirto tapahtuu nopeammin ja varmemmin. (Koivisto 2008, 12.)

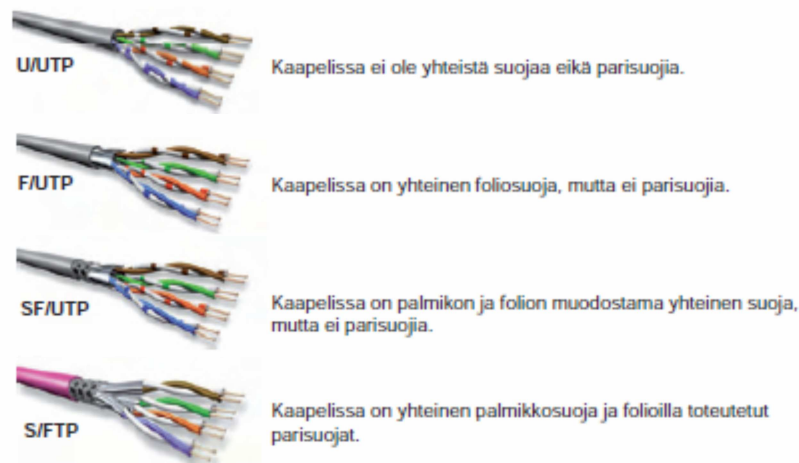
Eristeellä tarkoitetaan ainetta, joka tulee johtimen päälle suojaamaan ja eristämään johdinta muista johtimista. Eristemateriaali vaikuttaa myös osaltaan parikaapelin ominai-

suuksiin. Eristeessä olevat virheet, kuten halkaisijan vaihtelu, vaikuttaa heikentävästi symmetriaan ja lisää ylikuulumista. Eriste määrää myös jännitelujuuden ja eristysresistanssin. Parikaapeleissa käytetään eristemateriaalina hyvin usein polyteeniä (PE). (Koivisto 2008, 13.)

Kierretyt ja eristemateriaalilla päällystetyt kierreparit tarvitsevat suojakseen yleensä parikaapelin näkyvimmän osan eli vaipan. Vaippa suojaa kaapelin sydäntä ja pitää kaapelin koossa. Vaipan materiaalina on pitkään ollut PVC, mutta nykyään PVC:stä ollaan pyrkimässä eroon. Tilalle on tullut materiaaleja, jotka ovat itsestään sammuvia, halogeenittomia ja vähän savua muodostavia. Vaipasta selviää myös tärkeitä tietoja itse kaapelista. Kaapelin vaippaa tutkimalla tulee selvittää kaapelin valmistaja, kaapelin tyyppi-merkintä ja kategoria. Lisäksi kaapelissa tulee olla juokseva pituusmerkintä metrin välein, jolloin kaapelipituuden arvioiminen asennettaessa helpottuu. (Koivisto 2008, 15.)

Parikaapelin rakenne voi sisältää sähköisen suojan. Sähköinen suoja voi olla jokaisen johdinparin ympärillä tai kaapelilla voi olla kaikkien parien päällä yhteinen suoja. Vaativiin olosuhteisiin voidaan asentaa parikaapeli, joka sisältää parisuojan ja yhteisen suojan. (Koivisto 2005, 13.)

Parikaapeleiden tyyppimerkinnöistä käy ilmi, millä tavalla parikaapelin suojaus on toteutettu. Suojausmerkintä koostuu kahdesta osasta, jotka erotetaan toisistaan vinoviivalla. Jos kaapelia ei ole suojattu yhteisellä metallivaipalla eikä erillistä parisuojaa ole, esiintyy tyyppimerkinnässä tunnus U/UTP (Unshielded Twisted Pair). Tunnuksen ensimmäinen osa ilmaisee kaapelin yhteisen suojaustavan ja jälkiosa parien suojaustavan. Kaapelin ollessa suojattu metallivaipalla (folio), se ilmaistaan tunnuksella F/UTP (Foiled Twisted Pair). Tunnus STP (Shielded Twisted Pair) tarkoittaa, että parikaapeli on suojattu metallisella palmikkosuojauskella. Kaapeli voidaan suojata näiden eri tapojen kombinaatioilla. Kuvio 2 selventää parikaapelien suojauksessa käytettyjä lyhenteitä. (ST-käsikirja 16, 2008, 122–123.)



KUVIO 2. Parikaapelien suojausmenetelmät (ST-käsikirja 16, 2008, 123)

Parikaapelin suojaus valitaan aina asennuskohteen mukaisesti. Yleisesti tavallisissa kiinteistöissä käytetään U/UTP-kaapelia eli suojaamatonta vaihtoehtoa. Tämä johtuu siitä, että esimerkiksi toimisto- tai asuinkiinteistöissä ei ole paljon häiriötekijöitä, jotka vaikuttaisivat parikaapelin toimintaan. Harvinaisemmissa asennuskohteissa, kuten muuntamoiden tai voimavirtajohtojen lähellä, joudutaan käyttämään esimerkiksi S/FPT-kaapelia. Tällä keinolla vältetään voimavirtakaapeleiden aiheuttamilta häiriöiltä.

2.1.2 Parikaapelien ominaisuudet

Parikaapeli on yksinkertainen, mutta hyvinkin toimiva ratkaisu kiinteistöjen telekaapeloinnissa. Parikaapeli on hyvien ominaisuuksien ja halvan hintansa takia yleinen kaapeliratkaisu. Parikaapelin hyvät ominaisuudet johtuvat kaapelin rakenteesta eli kierretystä parista. Tilanteessa, jossa johtimia ei olisi kierretty toistensa ympäri, vaan ne kulkisivat suorana toistensa rinnalla, aiheutuisi monenlaisia häiriöitä järjestelmään. Ilman parikaapeleiden symmetriaa eivät esimerkiksi jännitteen ja virran aiheuttamat sähkö- ja magneettikentät kumoisi toisiaan, vaan aiheuttaisivat häiriötä muihin johtimiin. (ST-käsikirja 16, 2008, 115.)

Signaalijohtimien ollessa kierrettyinä toisiinsa häiriötä pystytään vähentämään. Parikierrolle on esitetty tietyt vaatimukset, jotta se täyttäisi hyvän parikierron tunnusmerkit. Jotta parikaapelista saadaan symmetrinen kaapeli, tulee johtimien kiertää tasaisesti toistensa ympäri. Jos kierto ei ole symmetrinen, parikaapelin ominaisuudet kärsivät. Kierron tulee olla myös sopivan tiukka. Tämä tarkoittaa sitä, että parin johtimet pysyvät

tiukasti kiinni toisissaan, mutta johtimien eristeet eivät kuitenkaan ole kärsineet kierron takia. (Granlund 2007, 42.)

Puhuttaessa parikaapelin ominaisuuksista tulee ottaa esille myös sähköiset ominaisuudet rakenneteknisten ominaisuuksien lisäksi. Rakennetekniset ominaisuudet vaikuttavat hyvin pitkälti siihen, millaiset sähköiset ominaisuudet parikaapelilla on. Sähköisiä ominaisuuksia tutkittaessa parikaapelit jaotellaan yleensä siirrettävän taajuuden mukaan. Taukukossa 1 on esitettyä parikaapeleiden tärkeimmät sähköiset ominaisuudet.

TAULUKKO 1. Parikaapelien sähköiset ominaisuudet (ST-käsikirja 16, 2008, 129)

Pääasiallinen soveltamisalue	Ominaisuus (yksiköt suluissa)
Pienet taajuudet (<<100kHz) Perinteiset puhelinkaapelit	Kapasitanssi (nF/km) Tasavirtasilmukaresistanssi (Ω /km) Resistanssiepäsymmetria (%) Kapasitanssiepäsymmetria (pF/km)
Suuret taajuudet (>100kHz) Kategorian 5, 6, 6A, 7 ja 7A ja BCT-B kaapelit	Ominaisimpedanssi (Ω) Vaimennus (dB/100 m) Lähipään ylikuulumisvaimennus parien välillä, NEXT (dB) Lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana, PSNEXT (dB) Kaukopään ylikuulumissuhde parien välillä, ELFEXT (dB) Kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana, PSELFEXT (dB) Kaapeleiden välinen lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana, PSANEXT Kaapeleiden välinen kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana, PSAACR-F Epäsymmetriavaimennus (dB) Rakenteellinen heijastusvaimennus (dB) Kulkuaika (ns) Kulkuaikaero parien välillä (ns)
Luotettavuus ja käyttövarmuus	Jännitelujuus (kV) Eristysresistanssi ($M\Omega \times km$)
Suojaus (vain suojatut kaapelit)	Kytkeäimpedanssi ($m\Omega/m$) Kytkeävaimennus (dB)

Jokaista taulukon ominaisuutta työssä ei käsitellä, mutta siitä on poimittu merkittävimmät ominaisuudet lyhyeen käsittelyyn. Yksi merkittävä ominaisuus on vaimennus. Se ilmaisee, kuinka paljon signaali heikkenee desibeleissä kulkiessaan parikaapelia pitkin. Yksikkönä käytetään yleensä dB/100m tai dB/km. Vaimennus on ominaisuus, joka rajoittaa esimerkiksi siirtotien pituutta ja kanavassa siirrettävää suurinta taajuutta. (ST-käsikirja 16, 2008, 82.)

Siirtotien ominaisimpedanssi määräytyy johdinparin johtimien välisen jännitteen ja virran suhteena. Ominaisimpedanssin yksikkönä on ohmi (Ω). Ominaisimpedanssi ei kuitenkaan ole täysin vakio koko siirtotien matkalta. Tästä syystä parikaapelilla on seuraava käsiteltävä ominaisuus eli heijastusvaimennus. Siirtotiessä aiheutuu heijastuksia esimerkiksi rakenneosissa olevista epähomogeenisuuksista. Näistä mikroskooppisen pienistä rakennemuutoksista aiheutuu jännitteen takaisinheijastusta. Kaikkia takaisin heijastuneita jännitteitä voidaan kuvata heijastusvaimennuksella, jonka yksikkönä on desibeli (dB). (ST-käsikirja 16, 2008, 81.)

Parikaalein rakennetta käsiteltäessä, todettiin, että eristemateriaali määrää parikaapelin jännitelujuuden ja eristysresistanssin. Nämä ominaisuudet kuvaavat parikaapelin luotettavuutta. Jännitelujuus ilmaisee eristysrakenteen kyvyn kestää tietty jänniterasitus ilman läpilyöntiä (sähköpurkausta) tai rakenteen vaurioitumista. Eristysresistanssi vastaavasti ilmaisee, kuinka hyvin jännitteinen johdin on eristettynä maasta. Mitattaessa eristysresistanssia tuloksen on oltava riittävän suuri, luokkaa $M\Omega$, jotta voidaan varmistua, että johdin on eristettynä maasta. (Virtuaaliammattikorkeakoulu, sähkölaitteiston tarkastukset.)

2.1.3 Parikaapelien luokittelu

Parikaapeleita luokitellaan kahden tärkeän ominaisuuden mukaisesti. Ensimmäisenä luokitteluperusteena on luvussa 2.1.1 esitetty suojausluokittelu. Parikaapeleita voidaan jaotella sen mukaan, millaisen suojauksen ne sisältävät ulkoisia häiriöitä vastaan. Toinen luokitteluperuste on se, kuinka suurella kaistanleveydellä parikaapelissa pystytään siirtämään tietoa. Mitä suuremman kaistanleveyden kaapeli tarjoaa, niin sitä nopeammin sillä pystytään tietoa siirtämään. Taulukossa 2 on esitetty erilaiset käytössä olevat kaapelikategoriat ja niiden kaistanleveydet. (Koivisto 2008, 11.)

TAULUKKO 2. Käytössä olevat parikaapelikategoriat

Kategoria	Kaistanleveys (MHz)
Cat 5	100
Cat 6	250
Cat 6 _A	500
Cat 7	600
Cat 7 _A	1000

Parikaapeleita löytyy myös pienemmällä kategorianumerolla, esimerkiksi Cat 1 ja Cat 2. Tekniikan kehitys on kuitenkin jättänyt nämä kategoriat taakseen, eivätkä ne sovellu nykyiseen tiedonsiirtoon kiinteistöissä. Eri kaistanleveydet on luokiteltu eri kirjaimin. Tämä luokittelu on esitetty taulukossa 3. (Granlund 2008, 43.)

TAULUKKO 3. Kaistanleveyksien kirjainluokittelu

Luokka	Kaistanleveys (MHz)
A	0,1
B	1
C	16
D	100
E	250
E _A	500
F	600
F _A	1000

Viestintäviraston määräyksen mukaisesti sisäjohtoverkossa on käytettävä luokan E mukaisia kaapeleita. Tämä tarkoittaa sitä, että kiinteistöissä tulee käyttää vähintään kategorian 6 kaapeleita asennettaessa yleiskaapelointia. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

2.1.4 Parikaapelien värijärjestelmät

Parikaapeleissa käytetään tiettyä värijärjestelmää, jotta esimerkiksi kaapelia asennettaessa olisi helpompi tunnistaa eri johtimet. Taulukossa 4 on esitetty yleisesti käytössä oleva neliparisten parikaapeleiden värijärjestelmä. (Koivisto 2008, 14.)

TAULUKKO 4. Neliparisten johtimien värijärjestelmä

Pari	A-johdin	B-johdin
1	valko-sininen	sininen
2	valko-oranssi	oranssi
3	valko-vihreä	vihreä
4	valkoruskea	ruskea

Eri kaapelivalmistajilla on myös omia värikarttoja, joista selviää, millaisia värejä heidän valmistamissaan parikaapeleissa käytetään. Liitteeseen 1 on koottu kahden eri valmistajan värikartat Drakan ja Nestor cables:in. Valmistajien värikartoista voidaan päätellä, että ne ovat samanlaiset ja noudattavat edellä olevaa taulukkoa 4.

2.1.5 Parikaapelien valintakriteerit

Rakennettaessa kiinteistöihin toimivaa telekaapelointia, on hyvä tietää, millä perusteella esimerkiksi parikaapelit valitaan ja mitkä ominaisuudet vaikuttavat siihen, että rakennettu telejärjestelmä on ainakin kaapeleiden osalta toimiva ja luotettava. Hyvän telekaapeloinnin elinikä voi olla jopa 15 vuotta tai enemmän. Itse kaapeli ei 15 vuodessa hyvissä olosuhteissa mene välttämättä miksikään, mutta tekniikan kehittyminen saattaa aiheuttaa päivityksen tarpeen kaapelointiin. Seuraavassa käydään läpi parikaapeleihin vaikuttavia valintakriteerejä. Samat valintakriteerit pätevät myös suurelta osin koaksiaali- ja valokaapeleihin. (Koivisto 2010, 9.)

Puhuttaessa parikaapelien/telekaapelien valinnasta voidaan tärkeimmät tekniset valintakriteerit jakaa seuraaviin kategorioihin: signaalin siirron asettamat vaatimukset, asennus- ja käyttöympäristön asettamat vaatimukset, standardit ja viranomaismääräykset sekä järjestelmäkohtaiset määräykset, vaatimukset ja ohjeet. (Koivisto 2010, 9.)

Tärkeimpänä tehtävänä telekaapelilla on informaation siirtäminen. Tiedon pitää siirtyä paikasta A paikkaan B nopeasti ja luotettavasti. Tämän perusteella tärkein tekninen valintakriteeri olisi signaalin siirrolle asetetut vaatimukset. Näin ollen painopiste on kaapelin teknisissä ominaisuuksissa, kuten siirtokapasiteetissa ja häiriösuojauksessa. Siirtokapasiteetti pitää olla tarpeeksi suuri ja häiriösuojauksen kohteen vaatimalla tasolla. (Koivisto 2010, 9.)

Asennus- ja käyttöympäristön asettamat vaatimukset ovat merkittävässä roolissa telekaapeleiden valinnassa. Vaikka aihe on kiinteistöjen telekaapelit, asennusolosuhteet voivat vaihdella kohteiden välillä huomasti. Erilaiset asennus- ja käyttörasitukset, lämpötilat, kosteusolosuhteet, mekaaniset rasitukset ja muut häiriönaiheuttajat kuten sähkömagneettiset tekijät, tulee ottaa huomioon valinnassa. Tärkeä osa valintaa on myös paloturvallisuusasiat, jotka tulee ottaa huomioon kohteen vaatimusten mukaan. Esimerkiksi jos kohde edellyttää palonkestävää kaapelointia, tulee tämä ottaa huomioon kaapelivalinnassa. (Koivisto 2010, 11.)

Tällä hetkellä telekaapeleiden valintaa ohjaavat vahvasti standardit ja määräykset. Tämä on hyvä asia, koska tällöin järjestelmistä saadaan keskenään huomattavasti yhteneväisemmät. Standardien vaatimukset telekaapeloinnille tullaan käsittelemään myöhemmin luvussa 5. Muita ominaisuuksia, joita kannattaa ottaa huomioon, kun valitaan parikaapeleita kiinteistöön, ovat esimerkiksi hinta, saatavuus ja valmistaja.

2.2 Parikaapelien käyttö kiinteistössä

Parikaapeleita käytetään paljon kiinteistöissä varsinkin yleiskaapelointiin. Parikaapelin kilpailija on valokaapeli, joka lisää suosiotaan jatkuvasti. Tästä huolimatta parikaapeli tulee olemaan kiinteistöjen telekaapeliratkaisuissa vielä pitkään hyvien ominaisuuksien takia. Parikaapelia on helppo käsitellä ja se on edullista verrattuna valokaapeleihin. Seuraavassa käsitellään yleisesti kiinteistöjen sisäasennuksissa käytettäviä parikaapeleita. (Granlund 2008, 42.)

2.2.1 Yleiskaapelointi

Tällä hetkellä kiinteistöissä käytetään ehdottomasti eniten kategorian 6 parikaapeleita. Tämä johtuu siitä, että viestintäviraston määräyksen mukaan yleiskaapelointiin tulee käyttää vähintään kategorian 6 kaapelia. Kategorian 6 (Cat 6) kaapelilla päästään 250Mhz kaistanleveyteen. Liitteessä 2 on esitettyä Drakan Cat 6 -parikaapeli. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

Liitteen esitteestä voimme havaita, että käyttökohteena ovat alue-, nousu ja kerroskaapeloinnin kiinteät sisäasennukset. Johtimena on hehkutettu kuparilanka ja eristeenä on polyeteeni. Suojausvaihtoehdoksi on saatavissa kahta erilaista parikaapelia: U/UTP ja U/FTP. Lisäksi vaippamateriaali on valittavissa PVC:n ja halogeenittoman vaipan välillä. Kiinteistöissä voidaan käyttää myös ylemmän luokan Cat-kaapeleita, mutta vähimmäisvaatimus on Cat 6 ja tästä syystä se on yleisin. (Kuparitelekaapelit Draka 2010, 38–39.)

2.2.2 Puhelinverkot

Nykyisin kiinteistöihin rakennetaan harvoin erillistä puhelinverkkoa, vaan puhelinverkko sisällytetään yleiskaapelointiin, eli kaapelina käytetään Cat 6 -luokan kaapelia. Kuitenkin puhelinverkkoja saatetaan rakentaa esimerkiksi omakotitaloihin tai remontoitessa vanhaa kiinteistöä puhelinverkon kaapeleita tulee esille. Tästä syystä käytössä olevat puhelinkaapelit on hyvä tuntea.

Puhelinverkkoja rakennetaan MHS-tyyppisellä kaapelilla. Ennen MHS-tyyppiä käytössä oli MMS-kaapeli, mutta standardi määrää käytettäväksi uusissa asennuksissa MHS-kaapelia. Liitteessä 3 on kaapelivalmistaja Nestor Cables:in esite MHS-tyyppisestä kaapelista. Samassa esitteessä on myös esitettyä MHS-LSZH -tyypin kaapeli. Erona näillä kaapeleilla on ulkovaipan materiaali. MHS-kaapelissa on vaipan materiaalina PVC ja MHS-LSZH -tyypissä vaippa on halogeeniton ja UV-suojattu palonestomateriaali. (Koivisto 2008, 9.)

Esitteestä selviää myös eri kaapelikokovaihtoehdot ja se miten suurissa kokoluokissa peruslohkot ja päälohkot on kerrattu yhteen. Käyttötarkoitukseksi on merkitty liityntäverkon sisäasennuskaapeli. MHS-tyypistä kaapelia voidaan siis käyttää myös muihin tarkoituksiin kuin puhelinverkkoihin. Lisäksi esitteestä selviää käytetyt materiaalit. (Nestor Cables -kaapeliesite 2010, 44–46.)

2.2.3 Paloilmoitinjärjestelmät

Paloilmoitinjärjestelmissä käytetään telekaapeleina aina laitetoimittajan suosittelemia kaapeleita. Valvomattomassa tilassa kaapeleiden tulee olla aina palonkestäviä. Aluksi selvitetään, millaisia kaapeleita on yleisesti käytössä paloilmoitinjärjestelmissä. Runkoverkossa käytössä on esimerkiksi MMSA, joka on paloilmoituskaapeli, jota käytetään kiinteisiin sisäasennuksiin. Esimerkkinä liitteessä 4 on Drakan MMSA-LSZH (halogeeniton) -paloilmoituskaapeli. (ST-käsikirja 10, 2004, 152.)

Silmukkakaapeleina ovat yleisesti käytössä KLM- ja KLMA-tyyppiset kaapelit. Erona näillä kaapeleilla on suojausmenetelmä. KLM ei sisällä erillistä suojausta, mutta KLMA-kaapelissa suojana on esimerkiksi muovialumiininauha. Lisäksi KLMA-kaapelissa on erillinen maadoitusjohdin. Liitteeseen 5 on esitetty Rekan KLMA-kaapelin esite. KLMA on merkinantokaapeli kiinteään sisäasennukseen, mutta sitä ei saa asentaa maahan tai suoraan betonivaluun. (ST-käsikirja 10, 2004, 152.)

2.2.4 Turvavalaistus

Turvavalaistus on kiinteistöjen tietojärjestelmä, joka on tärkeässä roolissa silloin, kun jokin asia menee pieleen ja ”tavallinen” valaistus on poissa käytöstä. Turvavalojen tarkoituksena on pitää kohteessa riittävä valaistus, jotta lisävahinkoja ei synny ja kohteesta päästään poistumaan turvallisesti. Tästä syystä turvavalojärjestelmien kaapeloinnille asetetaan erityisvaatimuksia. Kaapeloinnin tulee olla palonkestävä. (ST 59.10, 2010, 8.)

Varsinaiset valaisinryhmät kaapeloidaan yleensä esimerkiksi FRH-tyyppisellä asennuskaapelilla. Telekaapeleita sen sijaan käytetään turvavalojärjestelmässä muihin tarkoituksiin, kuten valvontasilmukoihin, jännitevahteihin ja tietoverkkoihin. Valvontasilmukoihin ja jännitevahteihin käytetään KLMA-kaapelia, joka on sama kuin paloilmoitinjärjestelmissä. Tietoverkkoihin sen sijaan voidaan käyttää monia eri kaapeleita. Ennestään käsittelemättömänä kaapelina voidaan mainita esimerkiksi Jamak-kaapeli. Se on parisuojattu instrumentointikaapeli kiinteisiin sisäasennuksiin. Kaapelia on saatavana monina eri versioina, kuten halogeenittomana tai teräsnauha-armeerattuna. Liitteessä 6 on esimerkki Drakan halogeenittomasta Jamak-kaapelista, joka soveltuu turvavalaistuksen tietoverkkoihin. (ST 59.10, 2010, 8.)

2.2.5 Kulunvalvontajärjestelmät

Seuraava käsiteltävä järjestelmänä kiinteistöissä on kulunvalvonta. Kulunvalvontalaitteissa on käytössä paljon telekaapeleita, mutta erityisesti vain kulunvalvontaan suunniteltuja telekaapeleita ei ole, vaan käytössä ovat samat kaapelit kuin muissakin järjestelmissä. Kulunvalvontajärjestelmä Esmikko käyttää esimerkkisuunnitelmassaan kaapelointiin MHS-tyyppisiä kaapeleita eli samoja, joita käytettiin puhelinverkoissa. Laittevalmistaja määrittelee ohjeissaan tarkemmin, millaisia telekaapeleita heidän järjestelmissä tulee käyttää. (Opetusmateriaali Esmikko – esimerkkisuunnitelma 2011.)

2.2.6 Kiinteistöautomaatio

Kiinteistöjen automaatioratkaisut ovat lisääntyneet huomattavasti viime vuosina, ja ne tulevat myös lisääntymään tulevaisuudessa. Kiinteistöautomaation avulla esimerkiksi valoja ja ilmanvaihtoa saadaan säädettyä tarpeen mukaan. Kiinteistöautomaatiossa käytetään paljon väylätekniikkaa, jonka johdotuksissa käytetään telekaapeleita. Yleisimmin käytetään pari- ja valokaapeleita. Kaapelointi toteutetaan aina järjestelmätoimittajan vaatimusten mukaan.

Monesti eri järjestelmävalmistajilla on omat kaapelit omiin järjestelmiin. Esimerkkinä voidaan mainita LonWorks-järjestelmät, joissa käytetään LON-verkon asennuskaapelia, josta käytetään nimitystä LONAK. Liitteessä 7 on esitetty Drakan toimittama LON-verkon asennuskaapeli. Esitteestä voidaan havaita, että kyseessä on kiinteistöautomaatiokaapeli kiinteisiin sisäasennuksiin. (Automaatio- ja multimediakaapelit, Draka, 2011, 26–27.)

2.2.7 Muut käytössä olevat kaapelityypit

Seuraavaan taulukkoon on kerätty muita tällä hetkellä kiinteistöissä käytössä olevia parikaapeleita. Taulukkoon on merkitty kaapelin nimi ja käyttötarkoitus.

TAULUKKO 5. Kiinteistöjen telekaapeleita

Parikaapeli	Käyttötarkoitus
RKKN	Keskusten ja jakamoiden ristikytkentäkaapeli
MMHS	Keskusasennuskaapeli digitaalisille ja analogisille signaaleille / Puhelinkeskusten asennuskaapeli
KLVMAAM	Keskusasennuskaapeli digitaalisille ja analogisille signaaleille
KJAAM	Instrumentointikaapeli digitaalisiin ja analogisiin sisäasennuksiin
NOMAK	Automaatio, Instrumentointi ja prosessinohjaus

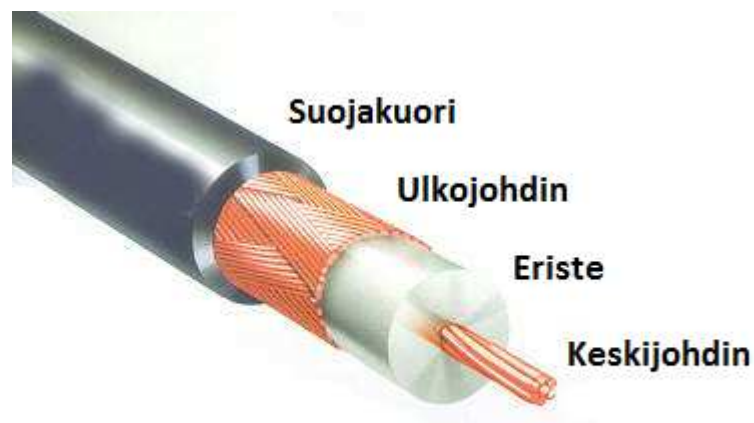
Edellä esitettyjen järjestelmien käyttämät parikaapelit, yhdessä taulukon 5 mukaisten parikaapelien kanssa, ovat yleisimmät parikaapelivaihtoehdot, joita kiinteistöissä käytetään tällä hetkellä. Näillä kaapeleilla pystytään toteuttamaan luotettavasti ja hyvin lähes mikä tahansa järjestelmä, johon tarvitsee parikaapelointia.

2.3 Koaksiaalikaapeli

Koaksiaalikaapeli on parikaapelin ohella yleinen kiinteistöjen telekaapeli. Hyvä esimerkki koaksiaalikaapelista on television antennikaapeli. Yleisesti koaksiaalikaapelia käytetään järjestelmissä, joissa tarvitsee siirtää suuritaajuista sähkömagneettista signaalia. Alun perin koaksiaalikaapelit valmistettiin videojärjestelmiä varten. Koaksiaalikaapelin käyttö on kuitenkin yleistynyt radio-, antenni-, kaapelitelevisio- ja videojärjestelmiin. Nykyään koaksiaalikaapeleita ei käytetä IT-sovelluksissa. Tämä johtuu siitä, että yleiskaapelointiin liittyvät standardit eivät tue koaksiaalikaapelia IT-käytössä. (Granolund 2008, 46.)

2.3.1 Koaksiaalikaapelin rakenne

Koaksiaalikaapelin rakenne muodostuu sisäjohtimesta, joka on yleensä kuparia. Sisäjohtinta ympäröi eriste, jota vastaavasti ympäröi ulkojodin. Ulkojohtimella on kaksi tarkoitusta koaksiaalikaapelissa. Se toimii toisena johtimena, mutta myös sähköisenä suojana häiriöitä vastaan. Ulkojohtimen päällä voi olla esimerkiksi kuparifolio parantamassa häiriönsietoa. Ulkojohtimen ja mahdollisen häiriösuojan päällä on kaapelin näkyvin osa eli kaapelin vaippa, joka on yleensä muovia. Tällä tavalla valmistettu kaapeli on häiriönsietokyvyltään erittäin hyvä ja kaistanleveys saadaan suureksi. Suurilla taajuuksilla koaksiaalikaapeli on lähes täysin immuuni ulkopuolisille häiriöille rakenteensa ansiosta. Kuviossa 3 on esitetty koaksiaalikaapelin periaatteellinen rakennekuva. (ST-käsikirja 12, 2008, 70–71.)



KUVIO 3. Koaksiaalikaapelin rakenne (RXTX-Tuote 2012, muokattu)

Yleensä koaksiaalikaapelin sisäjohtin on materiaaliltaan hehkutettua kuparilankaa. Johtimen tulee olla puhdas ja sileä, koska suurilla taajuuksilla sähkövirta kulkee enimmäkseen johtimen pinnassa. Tästä syystä karhea ja huonolaatuinen sisäjohtin aiheuttaa häiriöitä tiedonsiirtoon. Sisäjohtin voi olla myös säikeinen, kuten kuviossa 3 olevalla koaksiaalikaapelilla. Säikeinen sisäjohtin on hyvä ratkaisu silloin, kun kaapelilta tarvitaan hyviä taivutusominaisuuksia. Säikeinen johdin lisää kuitenkin hieman vaimennusta lankamaiseen johtimeen verrattuna. (ST-käsikirja 12, 2008, 70–71.)

Sisäjohtimen ja ulkojohtimen välissä oleva eriste voi olla kiintomuovia (PE), vaahtomuovia tai jonkin muu kiintomuovin ja ilman yhdistelmä. Eristeen tarkoituksena on

eristää sisä- ja ulkojohdin toisistaan ja antaa johtimille mekaanista tukea. Lisäksi eriste vaikuttaa myös koaksiaalikaapelin sähköisiin ominaisuuksiin, kuten ominaisimpedanssiin, vaimennukseen ja heijastusvaimennukseen. (ST-käsikirja 12, 2008, 71–72.)

Ulkojohdinmateriaali eroaa hieman käyttötarkoituksen mukaan. Sisätiloihin asennettavissa koaksiaalikaapeleissa on käytössä usein joko kuparifolion ja kuparipalmikon yhdistelmä tai alumiinifolion ja tinatun kuparipalmikon yhdistelmä. Vaippamateriaalina sisäjohtimissa on PVC- tai halogeeniton muovi. (Koivisto 2010, 33.)

2.3.2 Koaksiaalikaapelien ominaisuudet

Koaksiaalikaapelilla on suurimmaksi osaksi samat sähköiset ominaisuudet kuin pari-kaapeleilla. Seuraavassa on kuitenkin käyty läpi koaksiaalikaapelin merkittävimmät ominaisuudet. Kaksi tärkeintä sähköistä ominaisuutta ovat ominaisimpedanssi ja vaimennus. Muita tärkeitä sähköisiä ominaisuuksia ovat heijastusvaimennus ja sähkömagneettinen suojauskyky. (Koivisto 2010, 34.)

Ominaisimpedanssi on ominaisuus, joka ilmaisee sisä- ja ulkojohtimen välisen jännitteen suhteen niissä kulkevaan virtaan. Siihen vaikuttaa ulko- ja sisäjohtimien halkaisija sekä eristemateriaali. Jos eristemateriaali on vakio, ominaisimpedanssi määräytyy ulko- ja sisäjohtimen halkaisijasuhteen perusteella. Ominaisimpedanssin yksikkönä käytetään ohmia (Ω). Yleisimmät ominaisimpedanssit koaksiaalikaapeleilla ovat 50 Ω ja 75 Ω . (ST-käsikirja 12, 2008, 74.)

Vaimennus on ominaisuus, joka kuvaa signaalin heikkenemistä, kun se etenee kaapelissa. Koaksiaalikaapeleissa vaimennuksen yksikkönä käytetään dB/100m. Se ilmoittaa, kuinka monta desibeliä signaali heikkenee 100 metriä kohden kulkiessaan kaapelissa. Vaimennukseen vaikuttaa monta eri tekijää. Se riippuu koaksiaalikaapelin mitoista ja käytetyistä materiaaleista. Vaimennukseen vaikuttaa myös taajuus ja lämpötila. Taajuuden kasvu ja lämpötilan nousu lisäävät vaimennusta koaksiaalikaapelissa. (Suikkanen 2010, 2.)

Heijastusvaimennus on ominaisuus, joka kuvaa syötetyn signaalitehon suhdetta heijastuneeseen kokonaistehoon desibeleissä. Heijastusvaimennuksesta selviää, kuinka paljon

heijastunut signaali on vaimentunut etenevään verrattuna. Heijastuksia syntyy esimerkiksi, kun koaksiaalikaapeli päätetään päätevastuksella. Kaapelin sähkömagneettista suojauskykyä voidaan kuvata suojausvaimennuksella. Suojausvaimennuksella pyritään kuvaamaan, kuinka hyvin kaapeli sietää häiriötä. (Suikkanen 2010, 3.)

2.3.3 Koaksiaalikaapelin tiedonsiirto

Koaksiaalikaapelissa siirretään informaatiota kahdella erilaisella tavalla. Nämä tavat voidaan jaotella kantataajuussirroksi ja laajakaistasiirroksi. Kantataajuussirroksessa käytetään koko kaapelin kaistanleveyttä yhtä kanavaa varten. Tällöin pystytään siirtämään vain yhden kanavan signaalia kerrallaan. Syy miksi yksi signaali tarvitsee koko kaistanleveyden käyttöönsä, on siirrettävän signaalin muoto, joka on yleensä kanttiaalto. Kanttiaalto tarvitsee koko kaistanleveyden, jotta se vääristyisi siirrettäessä mahdollisimman vähän. (Granlund 2007, 47.)

Toinen siirtotapa on niin sanottu laajakaistasiirto. Tällöin koaksiaalikaapelin kaistanleveys on jaettu useampaan osaan, jolloin johtimeen voidaan samanaikaisesti sekoittaa useamman kanavan informaatio. Eri kanavat erotellaan toisistaan käyttämällä kaistanpäästösuodatinta. Tähän tekniikkaan perustuu esimerkiksi radiokanavien jaottelu, jossa jokaisella on oma taajuusalue, jolla toimia. (Granlund 2007, 47.)

2.3.4 Koaksiaalikaapelien valinta

Koaksiaalikaapelia valittaessa pätevät samat valintakriteerit kuin parikaapelin valinnassa, jotka käsiteltiin luvussa 2.1.5. Koaksiaalikaapelia valittaessa on kuitenkin syytä ottaa huomioon sen sähköiset ominaisuudet, jotka vaikuttavat merkittävästi järjestelmän toimivuuteen. Kun nämä otetaan huomioon, järjestelmästä tulee kaapeloinnin osalta hyvä ja luotettava. Huomioitavana asiana on esimerkiksi koaksiaalikaapelin ominaisimpedanssi. Ominaisimpedanssiltaan erisuuruiset kaapelit sopivat eri käyttötarkoituksiin. Väärällä impedanssilla pilataan mahdollisesti muuten hyvä järjestelmä. Väärä impedanssi aiheuttaa esimerkiksi lisääntyvää signaalihäviötä ja signaalin heijastumista. (ST-käsikirja 12, 2008, 74.)

2.3.5 Koaksiaalikaapelien käyttö kiinteistöissä

Koaksiaalikaapelien käyttö on viime vuosina vähentynyt huomattavasti, mikä johtuu esimerkiksi valokaapelien suuresta noususta markkinoille. Koaksiaalikaapeleita korvataan nykyisin valokaapeleilla, joilla on paremmat ominaisuudet. Tästä huolimatta koaksiaalikaapeleita käytetään kiinteistöissä vielä jonkin verran, joten seuraavassa käydään läpi yleisimmät kiinteistöissä käytettävät koaksiaalikaapelit. (ST-ohjeisto 3, 2010, 33.)

Kiinteistöjen sisäkaapeloinnissa koaksiaalikaapeleita on käytössä oikeastaan vain antennijärjestelmissä. Kiinteistöjen antennijärjestelmissä käytetään kanava- ja maakaapelina TELLU 3, 5 ja 7 -tyyppisiä kaapeleita. Tellu on suomalainen kaapelisarja, joten sitä käytetään Suomessa paljon. Liitteessä 8 on esimerkki Drakan esitteestä, jossa ovat TELLU 3, 5 ja 7 -kaapeli. Kaapeleissa on 75Ω ominaisimpedanssi. TELLU 7 -kaapelilla voidaan toteuttaa esimerkiksi kaapelointi antennivahvistimelta antennihaaroittimille. (ST-käsikirja 12, 2008, 74.)

Drakan kaapelikatalogista selviää, että TELLU 3,5 ja 7 ovat kaapeli-TV-verkon kaapelisarja runko- ja jakoverkkoihin. Ne täyttävät myös standardin EN 50117 vaatimukset. Standardi EN 50117 on koaksiaalikaapelien yleisstandardi. Sarjat 3,5 ja 7 eroavat rakenteellisesti hieman, ja näin ollen pieniä eroja syntyy myös sähköisiin ominaisuuksiin. Sisäkäyttöön löytyy sopivat kaapelit sarjoista 5 ja 7. (Kuparitelekaapelit Draka 2010, 56–57.)

Antennihaaroittimilta antennirasioille kaapelointia voidaan jatkaa TELLU 13 -koaksiaalikaapelilla. Se on TV-, yhteisantenni- ja kaapeli-TV-verkon sisäkaapeli. TELLU 13 ominaisimpedanssi on 75Ω . Liitteessä 9 on Drakan esite kyseisestä kaapelista. (Kuparitelekaapelit Draka 2010, 58–59.)

Antennijärjestelmissä voidaan käyttää myös muun tyyppisiä koaksiaalikaapeleita kuin suomalaisia TELLU-sarjan kaapeleita. Ominaisuuksiltaan eri valmistajien kaapelit ovat kuitenkin hyvin pitkälti samanlaisia, joten niitä ei tässä työssä esitellä.

3 OPTISET TELEKAAPELIT

Nykyaikana siirrettävää informaatiota on paljon ja siirron on tapahduttava nopeasti ja luotettavasti. Nykyään on tarve siirtää kuvanlaadullisesti tarkkaa kuvaa ja samaan aikaan äänenlaadullisesti hyvää ääntä pitkiä matkoja. Lisäksi esimerkiksi kiinteistöissä saattaa olla järjestelmiä, joiden informaatioita tarvitsee siirtää samanaikaisesti. Suuri siirtokapasiteetti saadaan aikaiseksi moderneilla optisilla telekaapeleilla. Yleisesti optisilla kaapeleilla tarkoitetaan valokaapeleita, joissa tietoa välitetään lasista tai muovista valmistetun ohuen kuidun avulla valoa hyväksikäyttäen.

3.1 Optisen tiedonsiirron historia

Nykyaikaisen optisen tiedonsiirron juuret alkavat noin 1970-luvulta. Tällöin yritys nimeltä Corning Glass Works valmisti kuidun, joka pystyi kilpailemaan koaksiaalikaapeleilla rakennettua järjestelmää vastaan. Esimerkiksi vuonna 1970 monimuotokuidun vaimennus oli 17dB kilometriä kohden, mutta kehitys jatkui ja vuonna 1973 valmistetulla monimuotokuidulla päästiin jo 4dB vaimennukseen kilometriä kohden. Seuraava merkittävä kehitysaskel otettiin vuonna 1983, kun yksimuotokuidun kaupallinen valmistus USA:ssa käynnistyi. Seuraavassa taulukossa on esitetty optisten telekaapeleiden merkittäviä kehitysvuosia. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 7.)

TAULUKKO 6. Optisten telekaapeleiden kehitys

Vuosi	Tapahtuma
1970	Optisten telekaapeleiden kehitys alkaa. Gorning Glass Works valmisti optisen kuidun, jonka vaimennus oli 17dB/km.
1973	Optisissa telekaapeleissa päästään vaimennukseen 4dB/km. Ensimmäinen valokaapeli otettiin USA:ssa käyttöön militarisovelluksessa. Kilpailu koaksiaalikaapeleilla tehtyjä järjestelmiä vastaan alkoi.
1976	Ensimmäinen puhelinverkkoon kytketty valokaapeli otettiin käyttöön USA:ssa.
1979	Ensimmäiset valokaapelit Suomessa käyttöön.
1980	Valokaapeleiden käyttö laajeni koko 1980-luvun esimerkiksi lähiverkkojen rakennusten väliseen kaapelointiin. Vuosikymmenen loppupuolella rakennusten nousukaapelointiin alettiin käyttää optista kaapelontia.
1983	Ensimmäiset yksimuotokuidut tulivat markkinoille USA:ssa
1990	1990-luku oli suurta kehitystä optiselle tiedonsiirrolle. Valokaapeloinnin painopiste siirtyi koko ajan lähemmäksi loppukäyttäjää.

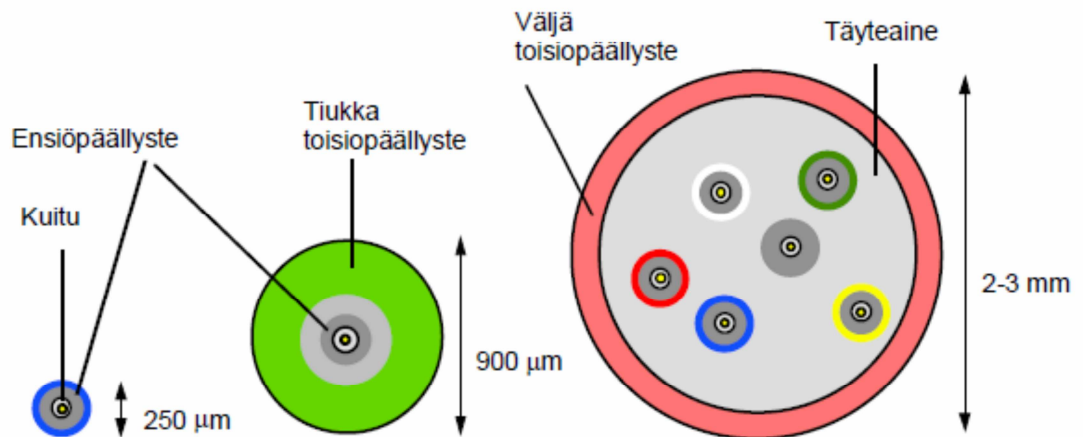
Huomataan, että optisten telekaapeleiden kehitys on lähtenyt liikkeelle jo noin neljäkymmentä vuotta sitten, mutta vasta viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana se on yleistynyt lähemmäksi loppukäyttäjää.

3.2 Optisten telekaapeleiden rakenne

Optisista kaapeleista käytetään yleisesti nimitystä valokaapelit tai valokuidut. Asiaa tarkemmin tarkastellessa nämä termit kuitenkin eroavat toisistaan. Nimitys valokuitu tulee optisten kaapeleiden tavasta välittää informaatiota valon avulla. Valokuitu on yleensä hyvin ohut lasista tai muovista valmistettu kuitu. Vastaavasti valokaapeli sisältää valokuidun tai -kuituja sekä muita rakenneosia. Rakenneosat voidaan jaotella seuraavan jaon mukaisesti: pääosia ovat valokuidut ja niiden suojaus, kaapelinsydän, veto- ja lujite-elementti sekä vaippa. (Koivisto 2009, 7.)

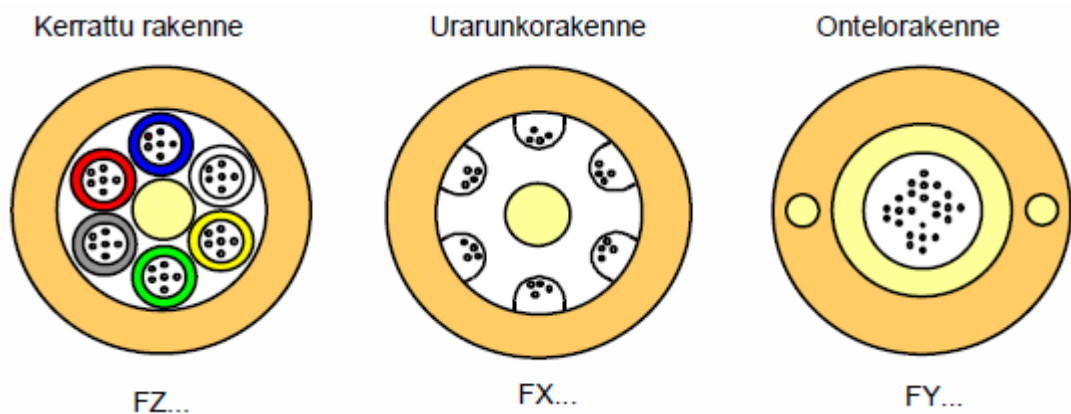
Optinen kuitu on rakenne-elementti, jossa informaatio kulkee valon muodossa. Kuidun valmistusmateriaali on yleensä lasi. Kuitu on hyvin ohutta, ja sen halkaisija onkin tyypillisesti vain $125\mu\text{m}$, minkä takia se särkyy herkästi. Tästä syystä kuitu päällystetään jo valmistusvaiheessa ensiöpäällysteellä, joka on materiaaliltaan yleensä Akrylaattia. Ensiöpäällysteen ansiosta kuitu ei naarmuunnu, eikä kosteus pääse tuhoamaan sitä. Ensiöpäällystetyn kuidun halkaisija on tyypillisesti noin $250\mu\text{m}$. Ensiöpäällystys tulee olla kuidun päällä tiukasti, mutta se pitää myös saada kuorittua pois, jotta valokuitua pystytään esimerkiksi liittämään toiseen kuituun. (Koivisto 2009, 7.)

Ensiöpäällysteestä huolimatta kuitu tarvitsee lisäsuojaksi toisiöpäällysteen. Toisiöpäällysteitä on kahden tyyppisiä. Tiukassa vaihtoehdossa toisiöpäällyste (polymeerikerros) on tiukasti kiinni suoraan ensiöpäällysteessä. Tämän kaltaisessa ratkaisussa kaapelin halkaisija on noin $900\mu\text{m}$. Toisiöpäällyste voi olla myös väljä. Väljässä päällysteessä muoviputken sisälle on asennettu yksi tai useampi ensiöpäällysteinen kuitu. Tällöin kaapelin halkaisija kasvaa. Väljänpäällysteen ja ensiöpäällystetyn kuidun väliin laiteetaan täyteainetta, jotta kaapelista tulee tiivis, eivätkä kuidut pääse liikkumaan vapaasti ja vaurioitumaan. Kuviossa 4 on esitettyä valokaapelin periaatteellinen rakenne. Kuviosta näkee eri rakenneosat ja miten ne ovat kytköksissä toisiinsa. (Koivisto 2009, 7.)



KUVIO 4. Valokuidun rakennekuva (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 30)

Kun valokuituja asennetaan yhteisen vaipan sisään, saadaan valmistettua varsinainen valokaapeli. Valokaapeleilla on myös erilaisia sydänrakenteita riippuen siitä, kuinka kuidut on sydämen sisälle asennettu. Sydänrakenteet ovat kerraturakenne, urarunkorakenne ja ontelorakenne. Seuraavassa kuviossa 5 on esitettyä nämä rakenteet. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 30.)



KUVIO 5. Valokaapelin sydänrakenteet (Valokaapelit tele- ja tietoverkko 2004, 31)

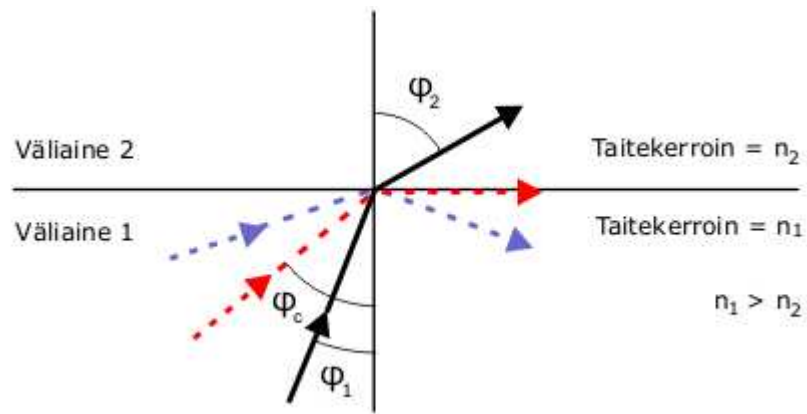
Kerrattu rakenne on vanhin ja perinteisin sydänrakenne. Siinä toisiöpäälystetyt kuidut tai kuituryhmät on kerrattu samankeskisesti keskielementin ympärille. Urarunkorakenteessa kaapelin sydän on muovitanko, jossa on pituussuuntaisia uria. Ensiöpäälystetyt valokuidut ovat asennettuna näihin uriin väljästi. Ontelorakenteessa ensiöpäälystetyt kuidut ovat väljästi yhden putken sisällä. Putken halkaisija on noin 6–10 mm. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 31.)

Jokaisella sydänrakenteella on omat edut ja haitat. Kerratussa rakenteessa etuna on se, että keskielementti toimii samalla kaapelinvetoelementtinä. Urarunkorakenteessa on vastaavasti hyvä puristuslujuus ja asennuksen kannalta rakenne on selkeä. Selkeyden vuoksi kuituja on helppo käsitellä yksitellen tai ryhmissä. Myös urarunkorakenteessa kaapelin keskellä on sen vetoelementti. Ontelorakenteen hyvänä ominaisuutena on sen hyvä puristuslujuus. Siinä ei kuitenkaan keskielementti toimi kaapelinvetoelementtinä, vaan riittävä vetolujuus saavutetaan lujitekerroksella vaipan ja sydämen välissä. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 31.)

3.3 Optiset kuitutyypit

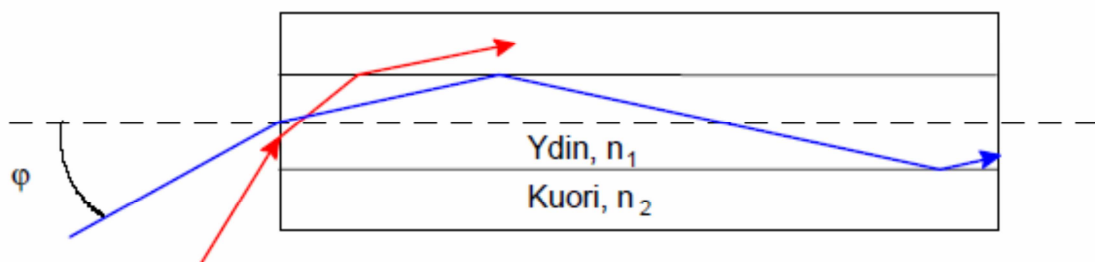
Optiset kuidut voidaan jakaa kahteen eri perustyyppiin sen mukaan, kuinka valo etenee niissä. Valon eteneminen riippuu kuidun taitekerroinprofiilista. Kaksi perustyyppiä on monimuoto- ja yksimuotokuidut. Näistä löytyy lisäksi useita erilaisia sovelluksia. Jotta eri kuitutyypin välinen ero olisi helpommin ymmärrettävä, on ensin hyvä miettiä valon käyttäytymistä fysiikan näkökulmasta. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 17.)

Optisessa kuidussa informaatio kulkee valonsäteenä. Tästä voidaan päätellä, että valokuidun toiminta perustuu valon ominaisuuksiin. Tarkemmin ottaen nämä ominaisuudet ovat valon taittumisen- ja heijastuslaki kahden aineen rajapinnassa. Taittuminen noudattaa Snellin lakia. Siinä kuvataan valon taittumista kahden aineen rajapinnassa. Valonsäteen tullessa kahden aineen rajapintaan valonsäde taittuu. Taittuminen riippuu aineiden taitekertoimista. Jos valonsäde tulee kahden aineen rajapintaan, taitekertoimeltaan suuremmasta aineesta, se taittuu normaalista pois päin. Kuvio 6 selventää Snellin lakia. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 17.)



KUVIO 6. Snellin laki (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 17)

Kuviosta 6 näemme, miten valon taittuminen tapahtuu, kun valo tulee taitekertoimeltaan suuremmasta aineesta taitekertoimeltaan pienempään aineeseen. Kuviosta näemme myös toisen valoon liittyvän lain eli heijastumislain. Valonsäteen tulokulman kasvaessa riittävän suureksi se taittuu rajapinnassa pinnan suuntaiseksi. Tätä kuvaa punainen nuoli. Kun tulokulmaa kasvatetaan lisää, tapahtuu ilmiö nimeltään kokonaisheijastuminen. Tällöin valonsäde ei taitu väliaineeseen kaksi, vaan heijastuu kokonaan takaisin väliaineeseen yksi samalla kulmalla kuin tulokulma. Tätä ilmiötä hyödynnetään valokuiduissa, jolloin ytimen ja kuoren välillä tapahtuu jatkuvasti kokonaisheijastumisia. Kuviossa 7 on esitetty periaate, kuinka valonsäde etenee valokuidussa (sininen nuoli). (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 17.)



KUVIO 7. Valonsäteen eteneminen valokuidussa (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 18)

3.3.1 Monimuotokuitu

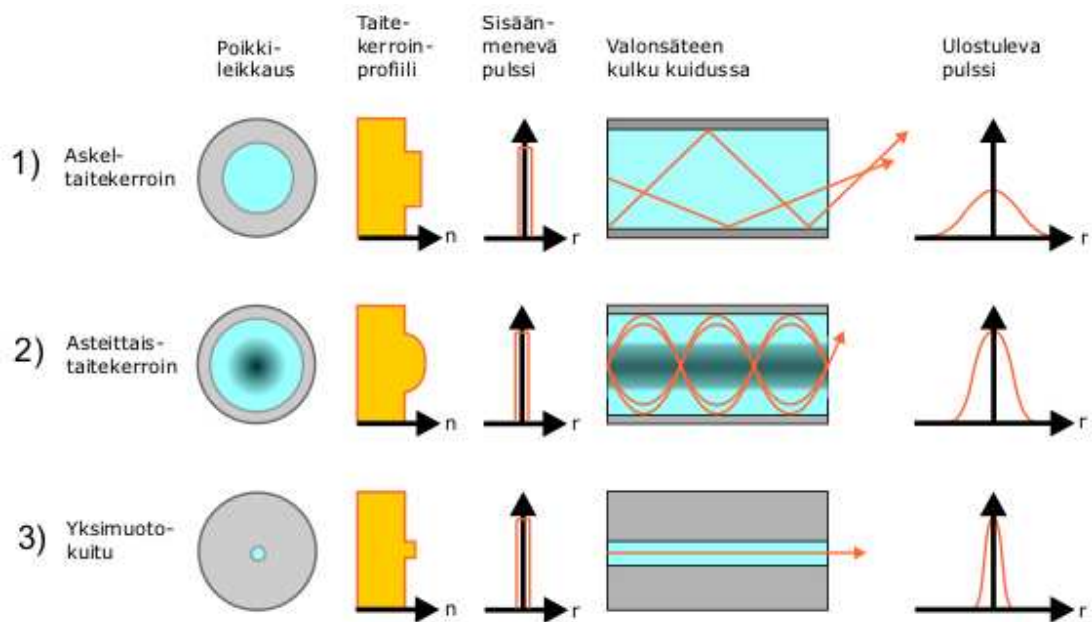
Monimuotokuidut jaotellaan kahteen erilliseen ryhmään, jotka ovat askeltaitekertoiminen kuitu (askelkuitu) ja asteittaistaitekertoiminen (asteittaiskuitu) monimuotokuitu. Erona näillä kuiduilla on toimintaperiaate. Tällä hetkellä telekaapeleissa käytetään lähes pelkästään asteittaiskertoimista monimuotokuitua, mutta molempien toimintaperiaate on hyvä tietää. (Granlund 2007, 50.)

Askelkuitu perustuu edellä mainittuun valon kokonaisheijastukseen kuoren ja ytimen rajapinnassa kuvion 7 mukaisesti. Tämä aiheuttaa sen, että eri kulmissa lähetetty valo kulkee eripituisen matkan kuidussa, joka vastaavasti johtaa pulssin leviämiseen. Kun syötetty pulssi leviää aikatasossa, sitä kutsutaan dispersioksi. Tämä leviäminen on askelkuidun haittapuoli. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 19.)

Asteittaiskuidun toimintaperiaate eroaa siinä, että taittuminen tapahtuu asteittain valonsäteen kulkiessa ytimestä kohti kuorta. Tämä tarkoittaa sitä, että kuidun sisällä taitekerroin muuttuu asteittain kuorta kohden mennessä. Valonsäde ei siis heijastu jyrkästi, kuten askelkuidussa vaan vähitellen taittuen. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 19.)

3.3.2 Yksimuotokuitu

Yksimuotokuidun toimintaperiaate eroaa monimuotokuiduista. Yksimuotokuidun ytimen halkaisijasta tehdään hyvin ohut, noin 8-13 μ m paksuinen. Tällä pyritään siihen, että ytimen halkaisija on siirrettävän valon aallonpituuden mittainen. Näin ollen kuidussa etenevä valo joutuu liikkumaan heijastumatta kuidun päästä päähän. Tämän takia yksimuotokuidussa ei tapahdu samanlaista dispersiota kuin monimuotokuidussa. Yksimuotokuitu soveltuu tästä syystä esimerkiksi runkoverkkojen kaapelointiin, koska yksimuotokuidussa pystytään siirtämään valoa kymmeniä kilometrejä ilman välivahvistinta. Kuviossa 8 on esitetty eri kuitutyypin toimintaperiaate. Kuvassa havaitaan edellä olevat teoriat niin askel-, asteittais- ja yksimuotokuidusta. (Granlund 2007, 52.)



KUVIO 8. Valon eteneminen eri kuitutyypeissä (Teletekno, Optiset liityntäverkot 2006)

3.4 Optisten telekaapeleiden ominaisuudet ja erilaiset kuitutyypit

Yleiskaapeloinnissa käytetään yleensä kvartsilasista valmistettuja valokuituja, jotka voivat olla joko monimuoto- tai yksimuotokuituja. Muitakin materiaaleja käytetään, mutta huomattavasti vähemmän. Muovikuituja käytetään esimerkiksi teollisuuskiinteistöissä. Muovikuitujen käyttö on lisääntynyt viime vuosien aikana. Valokuitujen ominaisuudet voidaan jakaa mekaanisiin ja optisiin ominaisuuksiin. (ST-ohjeisto 3, 2010, 20.)

3.4.1 Mekaaniset ominaisuudet

Mekaanisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan ominaisuuksia, jotka tulevat esille, kun kuitua käsitellään ja asennetaan. Kuten jo aikaisemmin kävi ilmi, valokuitu on rakenteeltaan hyvin ohutta. Tämä aiheuttaa sen, että valokuitua on käsiteltävä varoen. Mekaanisiin ominaisuuksiin pystytään vaikuttamaan materiaaleilla, joilla valokuitu/valokaapeli valmistetaan. Hyvillä materiaaleilla valmistetulla valokaapelilla on paremmat mekaaniset ominaisuudet kuin heikkolaatuisilla materiaaleilla valmistetulla. Mekaanisilta ominaisuuksiltaan parempaa kaapelia pystyy käsittelemään luotettavammin. Asennus, liitokset ja toimintavarmuus paranee, kun kaapeli on laadultaan hyvää.

Mekaaniset ominaisuudet voidaan luokitella veto-, puristus- ja murtolujuuteen. Vetolujuus ilmaisee, kuinka suuren vetovoiman kaapeli kestää ilman vaurioita. Puristuslujuus on ominaisuus, josta selviää, kuinka suurella voimalla kaapelia voidaan puristaa vaurioitta. Murtolujuus ilmaisee vastaavasti, kuinka paljon kuituun saa kohdistua ”rasittavaa voimaa” ennen kuin se hajoaa. Kuidun mekaanisiin ominaisuuksiin lukeutuu myös taivutusominaisuudet, joilla on suuri merkitys valokaapelia asennettaessa. Asennuksissa on otettava huomioon esimerkiksi valokaapelille ilmoitettu pienin taivutussäde, jolla kaapelia saa taivuttaa. (SFS 5728, 1992, 2-3.)

3.4.2 Optiset ominaisuudet

Optiset ominaisuudet voidaan jaotella seuraaviin pääryhmiin: vaimennus, kaistanleveys tai dispersio ja raja-aallonpituus. Valon kulkiessa valokuidun läpi sen valoteho pienenee. Tätä ominaisuutta kuvataan vaimennuksella. Vaimennuksen yksikkönä käytetään dB/km. Mitä pienemmäksi vaimennus saadaan, sitä tehokkaammin valokuitu siirtää informaatiota. Valokuidusta ei koskaan pystytä tekemään aivan ideaalista, vaan se sisältää aina mikroskooppisen pieniä epäpuhtauksia ja sisäisiä taitekerroineroja, jotka aiheuttavat vaimennusta. Valo imeytyy epäpuhtauksiin ja vastaavasti taitekerroinerot aiheuttavat sisäistä sirontaa (heijastumista kaikkiin suuntiin). Näiden asioiden vaikutuksesta valokuidussa on tietty vaimennus kilometriä kohden. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 22–23.)

Monimuotokuidun ja yksimuotokuidun toimintaperiaatteiden eroavaisuuden vuoksi myös niiden optiset ominaisuudet eroavat hieman toisistaan. Monimuotokuidulla on tietty kaistanleveys, jolla informaatiota pystytään siinä siirtämään. Kaistanleveys ilmaisee siirrettävän signaalin suurinta mahdollista taajuutta tietyllä matkalla. Kaistanleveyteen vaikuttaa käytettävän valon aallonpituus, siirtomatka ja dispersiot. Näiden ominaisuuksien mukaan määräytyy, kuinka suurta kaistanleveyttä siirrettävässä signaalissa pystytään käyttämään. Kaistanleveys rajoittaa suurinta siirtonopeutta ja etäisyyttä. (Koivisto 2009, 13.)

Yksimuotokuiduilla käsiteltäviä optisia ominaisuuksia on hieman enemmän. Ensiksi käsitellään yksimuotokuidun dispersiot, jotka jakautuvat kahteen eri alueeseen: kromaattiseen dispersioon ja polarisaatiomuotodispersioon. Kromaattinen dispersio on yk-

simuotokuitujen merkittävin dispersiolaji. Kromaattinen dispersio tarkoittaa sitä, että lähetettävässä valosignaaliassa on hieman toisistaan poikkeavia aallonpituuksia. Nämä aallonpituudet etenevät eri nopeuksilla kuidussa, jolloin ne saapuvat perille eri aikoihin ja näin syntyy kromaattinen dispersio. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 24.)

Toinen dispersio, joka esiintyy yksimuotokuidussa, on polarisaatiomuotodispersio. Polarisaatiomuotodispersio ei kuitenkaan ole yhtä merkittävä kuin kromaattinen dispersio. Tämä dispersio syntyy, koska valo etenee yksimuotokuidussa kahdessa eri polarisaatiomuodossa. Etenevä valoalto voi värähdellä vain kahdessa toisiinsa nähden kohtisuorassa suunnassa. Tämä aiheuttaa sen, että kuidussa syntyy dispersio eli kulkuai-kaero, koska eri polarisaatiomuodot etenevät hieman eri nopeuksilla. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 24.)

Yksimuotokuidulla on optisena ominaisuutena myös raja-aallonpituus. Se kuvastaa aallonpituutta, jota pienemmillä aallonpituuksilla valo ei enää etene yksimuotoisena, vaan alkaa käyttäytyä kuten monimuotokuidussa. Tästä syystä on tärkeää, että käytettävän valon aallonpituus on suurempi kuin raja-aallonpituus. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 25.)

3.4.3 Kuitutyypit

Standardissa SFS-EN 50173-1 monimuotokuidut jaotellaan neljään eri kategoriaan. Nämä kategoriat ovat OM1, OM2, OM3 ja OM4. Ennen Suomessa oli käytössä jaottelu esimerkiksi kategoriaan GK ja GI, mutta näitä kategorioita ei suositella enää käytettävän, koska ne eivät ole standardin mukaisia. Eri kategoriat eroavat toisistaan esimerkiksi kuidun koossa ja valmistusmateriaalissa. Taulukossa 7 on esitetty monimuotokuitujen kategoriat ja niiden optiset vaatimukset. (SFS-EN 50173-1, 2010, 130.)

TAULUKKO 7. Monimuotokuitujen optiset vaatimukset (SFS-EN 50173-1, 2010, 130)

Kategoria , ytimen/kuoren halkaisija	Vaimennus, enintään dB/km		Kaistanleveys, vähintään MHz·km		
			LED-lähetin		Laser-lähetin
	850nm	1300nm	850nm	1300nm	850nm
OM1, 62,5/125µm	3,5	1,5	200	500	Ei spesifioitu
OM2, 50/125µm	3,5	1,5	500	500	Ei spesifioitu
OM3, 50/125µm	3,5	1,5	1500	500	2000
OM4, 50/125µm	3,5	1,5	3500	500	4700

Taulukosta 7 voidaan havaita, että vaimennukset eri kuitukategorioille ovat samat molemmilla aallonpituuksilla (850nm ja 1300nm). Kategorian OM1 valokuidun ydin on hieman suurempi kuin muiden kategorioiden. Kuitenkin kuoren halkaisija on kaikilla kategorioilla sama.

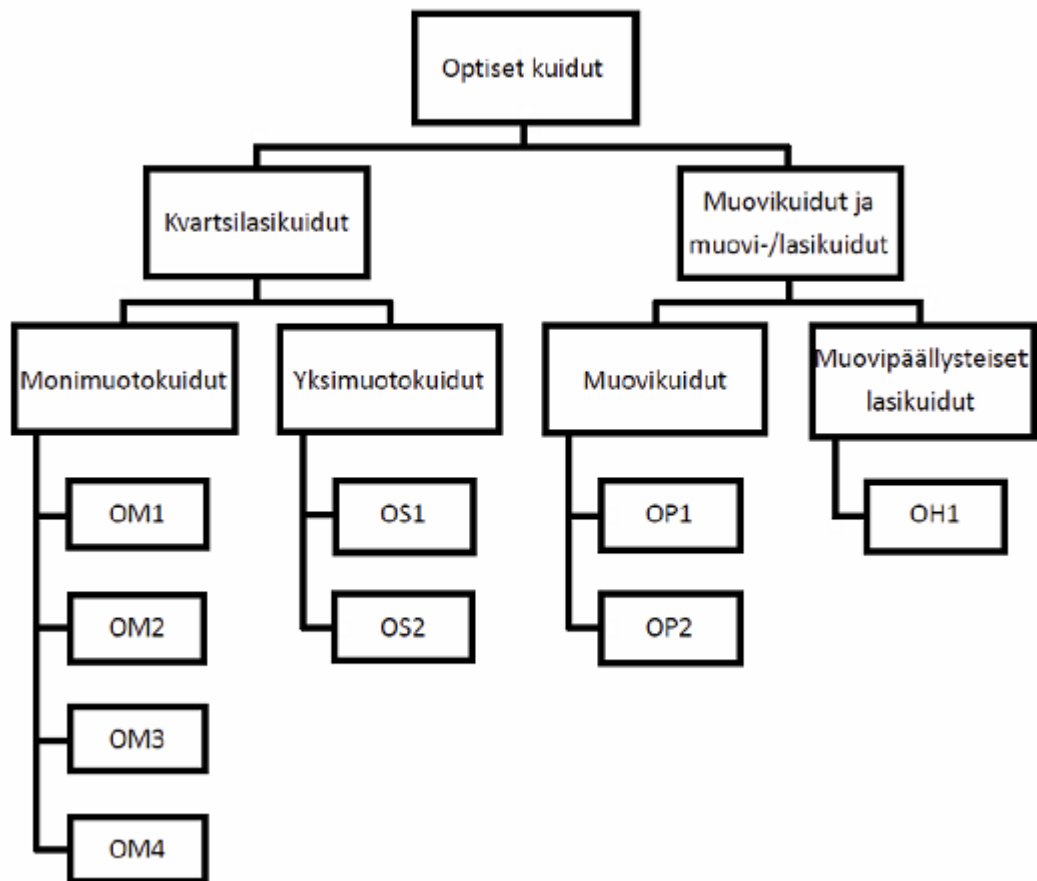
Yksimuotokuidut jaotellaan kahteen eri kategoriaan: OS1 ja OS2. Nämä ovat yleiskaapelointistandardin SFS-EN 50173-1 mukaisia kategorioita. Vanhempia kategorioita ei suositella käytettäväksi (esimerkiksi ITU-T G.652). Yksimuotokuiduille määritellään standardissa samalla tavalla optiset vaatimukset ja ne esitellään taulukossa 8. (SFS-EN 50173-1, 2010, 132.)

TAULUKKO 8. Yksimuotokuitujen optiset vaatimukset (SFS-EN 50173-1, 2010, 132)

Kategoria	Vaimennus, enintään (dB/km)			Raja-aallonpituus, enintään (nm)
	1310nm	1383nm	1550nm	
OS1	1,0	1,0	1,0	1260nm
OS2	0,4	0,4	0,4	1260nm

Taulukosta 8 voidaan havaita, että molempien yksimuotokuitukategorioiden OS1 ja OS2 optiset ominaisuudet ovat samat vaimennuksen ja raja-aallonpituuden suhteen.

Kuviossa 9 on esitettyä eri kuitutyypit ja niiden kategoriat. Kuvioista huomataan, että edellä esitellyt kategoriat ovat kuiduille, jotka ovat valmistettu kvartsilasista. Vastaavasti muovikuiduille on omat kategoriat.



KUVIO 9. Optisten kuitujen kategoriat (Koivisto 2010, 21)

3.5 Optisten telekaapeleiden värijärjestelmä

Optisilla telekaapeleilla on samantyylinen värijärjestelmä kuin parikaapeleilla. Värijärjestelmän tarkoituksena on helpottaa valokaapeli-asennuksia ja lisätä sen sisältämien kuitujen tunnistamista. Suomen standardisoimisliitto SFS ry on julkaissut standardin kuitujen tunnistusjärjestelmästä. Standardi on SFS 5648. Se on vahvistettu vuonna 1995, joten se on jo aika vanha. Tästä huolimatta sen esittämä värijärjestelmä on käytössä edelleen Suomessa. Taulukossa 9 on standardin SFS 5648 mukainen värijärjestelmä. (SFS 5648, 1995, 1.)

TAULUKKO 9. SFS 5648 -standardin värijärjestelmä (SFS 5648, 1995, 3)

Kuidun numero	Päällysteen väri
ensimmäinen kuitu	sininen
2., 6., 10., jne	valkoinen
3., 7., 11., jne	keltainen
4., 8., 12., jne	vihreä
5., 9., 13., jne	harmaa
viimeinen kuitu	punainen

Lisäksi standardi määrittelee, että kaapelirakenteessa mahdollisesti sisältyvien täytelementtien tulee olla väriltään mustia. Eri kaapelivalmistajat ovat tehneet värijärjestelmästä värikortteja aivan kuten parikaapeleilla. Liitteessä 10 on esitetty kahden eri kaapelivalmistajan värikortit valokaapeleille (Drakan ja Nestor Cables:in). Värikorteista huomataan, että ne noudattavat standardia SFS 5648. (SFS 5648, 1995, 3.)

3.6 Optisten telekaapeleiden käyttö kiinteistöissä

Optisten telekaapeleiden käyttö kiinteistöissä on lisääntynyt paljon viime vuosina. Optinen kaapelointi ei ole enää käytössä pelkästään runko- ja liityntäverkkojen puolella, vaan siitä on tullut osa kiinteistöjen alue- ja nousukaapelointia. Yksi syy lisääntyneeseen optiseen kaapelointiin on viestintäviraston määräys 25E/2008M, joka edellyttää valokaapelivalmiuden rakentamista asuinkiinteistöjen uusiin ja uusittaviin sisäverkkoihin. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

Ennen vuotta 2008 on ollut normaalia, että valokaapeliyhteys tuodaan taloyhtiön yhteiseen talojakamoon. Nyt valokaapeliyhteys tai ainakin reitti sille, jonka avulla jälkiasennus on helppoa, tuodaan kotijakamoon asti. Näin ollen valokaapeliyhteys tulee jo huoneistoihin sisälle. Valokaapelit kehittyvät nopeaa vauhtia ja parempia kuitulaatuja kehitellään jatkuvasti. Taulukossa 10 on esitetty kiinteistöissä käytettävät valokaapelit ja niiden käyttökohteet. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

TAULUKKO 10. Optiset kaapelit kiinteistöissä

Valokaapeli	Valokaapelin rakenne	Käyttökohteet
FMS	Yhden kiinteäpäällysteisen kuidun sisältävä kaapeli	Välikaapeliksi tai kytkentäjohdoksi
FLMS	Kaksi FMS-kaapelia yhdistetty yhdeksi kaapeliksi	Välikaapeliksi tai kytkentäjohdoksi
FLMMS	FLMS-kaapeli, johon on lisätty erillinen halogeeniton ulkovaippa	Välikaapeli- ja kytkentäjohtosovelluksiin
FTMS	Kiinteäpäällysteisistä kuiduista muodostettu sisäasennuskaapeli (4-24 kuitua)	Kiinteistöjen kerroskaapelointeihin
FTMS 600	Neljä kiinteäpäällysteistä kuitua sisältävä sisäasennuskaapeli	Kiinteistöjen kerroskaapelointeihin ja "kuitu kotiin" sovelluksiin
FY2RMS	Neljä kiinteäpäällysteistä kuitua sisältävä sisäasennuskaapeli	Kiinteistöjen kerroskaapelointeihin ja "kuitu kotiin" sovelluksiin
FZOMSUS-D	Metalliton yleiskaapeli sisä- ja ulkoasennuksiin. Rakenne mahdollistaa suuren kuitumäärän	Kiinteistöjen tietoverkot tai televerkon liityntäkaapelina
FYORMSU	Pienikokoinen sisä- ja ulkokaapeli (4-24 kuitua)	Kiinteistön sisäisiin kaapelointeihin

Taulukosta 10 voimme päätellä, että kiinteistöissä käytetään monenlaisia optisia kaapeleita. Eroina kaapeleissa on kuitumäärät, -tyypit ja suojausmenetelmät.

Seuraavassa tarkastellaan tarkemmin muutamaa eri kuitutyyppiä. Liitteessä 11 on Drakan FMS-valokaapelin esite. FMS on valokaapeli, joka sisältää yhden valokuidun. Drakan mallissa on halogeeniton vaippa. Kuiduksi on valittavissa yksimuoto tai monimuotokuitu. Yksimuotokuitu on toteutettu Drakan lanseeraamalla BendBright-tekniikalla. Tämä ominaisuus tuo yksimuotokuidulle merkittävän parannuksen kuidun taivutusominaisuuksiin. Taivutushalkaisijaa on pienennetty lähes puolet verrattuna vanhemmalla tekniikalla valmistettuihin valokuituihin. Pienennys on tehty kuitenkin niin, että siirtotekniset ominaisuudet ovat säilyneet ennallaan. (Draka BendBright 2007.)

Liitteessä 12 on FTMS-valokaapelin esite. FTMS sopii kiinteistöjen kerroskaapelointiin. Kaapelin sisällöksi on valittavissa useita eri vaihtoehtoja kiinteäpäällysteisistä kuiduista. Valinta voidaan tehdä yksimuoto- ja monimuotokuidun välillä. Lisäksi kuitujen

lukumäärät voivat olla monimuotokuiduilla 4, 8 tai 12. Yksimuotokuiduilla on vielä lisänä 24 kuitua sisältävä kaapeli. (Valokaapelit Draka 2010, 16–17.)

Nykyään markkinoilla on myös niin sanottuja hybridikaapeleita. Ne ovat kaapeleita, jotka voivat sisältää esimerkiksi valokaapelin, parikaapelin ja koaksiaalikaapelin. Samalla kaapelilla voidaan siis tuoda eri järjestelmien kiinteistöjen nousu- ja kerroskaapelointi. Liitteessä 13 on esimerkki Drakan hybridikaapelista, jossa nämä kaikki edellä mainitut kaapelit on liitettynä yhdeksi kaapeliksi.

Kaapeliesitteestä voidaan havaita, että kaapeli sisältää 4-parisen Cat 6 U/UTP- kaapelin ja neljä kappaletta yksimuotokuituja BendBright-tekniikalla. Lisäksi hybridikaapelissa on TELLU 13 -koaksiaalikaapeli. Kyseinen hybridikaapeli soveltuu erityisen hyvin kiinteistöjen nousu- ja kerroskaapelointiin. Kaapelissa on halogeeniton ja itsestään sammuva vaippa. (Valokaapelit Draka 2010, 16–17.)

4 TELEKAAPELEIDEN ASENNUS

Telekaapeleiden asennus ja käyttö ovat merkittävässä osassa järjestelmän toimivuuden kannalta. Väärin tai huolimattomasti asennettu kaapeli voi kaataa koko järjestelmän toimivuuden. Telekaapelit saavat asennettaessa usein turhan kovaa käsittelyä, varsinkin jos asentaja ei ole ammattilainen. Tämän takia on syytä käydä läpi yleisiä asennusominaisuuksia, joiden mukaan asennukset olisi hyvä tehdä.

Telekaapeloinnin asennukselle ja ylläpidolle on oma standardisarja SFS-EN 50174. Standardin tärkeimmät kohdat käsitellään myöhemmin luvussa 5. Tähän lukuun 4 on kuitenkin kasattu yleisiä asioita, jotka tulee muistaa asennettaessa telekaapeleita. Näin ollen myös standardissa käsiteltävien asioiden omaksuminen helpottuu.

4.1 Asennusten aloittaminen

Telekaapeleiden asentaminen on hyvä aloittaa tutustumalla asennuskohteeseen, jotta asennusta pystytään suunnittelemaan ja miettimään ennen siihen ryhtymistä. Ennen aloittamista on hyvä tutustua myös asennettaviin kaapeleihin ja niiden asennusominaisuuksiin, jotta tiedetään, kuinka niitä tulisi käsitellä. Lisäksi on hyvä tarkistaa asennusympäristöt ja niiden olosuhteet. Tutustumalla asennuskohteeseen säästetään aikaa varsinaisessa asennustyössä, koska tiedetään selkeästi, mitä ollaan tekemässä.

4.2 Telekaapeleiden asennusolosuhteet

Ennen varsinaiseen fyysiseen asennustyöhön lähtemistä on syytä miettiä asennusolosuhteita. Tarkoituksena kaikissa telekaapeliasennuksissa on saada luotettava, toimiva ja standardit täyttävä järjestelmä. Kun asennusolosuhteet ovat kunnossa, saavutetaan helpommin haluttu lopputulos eli onnistunut asennus. Nykyrakentamisessa on yleistä, että telekaapeliasennukset tehdään hurjalla vauhdilla ja kiireellä. Jos asentajilla on työmaalla huonot asennusolosuhteet ja kiire, myös työn jälki kärsii. (ST-käsikirja 16, 2008, 267.)

Puhuttaessa asennusolosuhteista tulee ottaa huomioon ainakin seuraavat tekijät: työmaalla tulee olla riittävän puhdasta ja siistiä sekä sopiva lämpötila, jotta telekaape-

liasennukset voidaan toteuttaa asianmukaisesti. On selvää, että työmaan ollessa likainen ja pölyinen, asennukset kärsivät. Asennusympäristö, jossa on sinne kuulumatonta tavaraa, kuten rakennusjätettä, aiheuttaa myös työturvallisuusriskin asentajalle. Lämpötilan on oltava sopiva, jotta telekaapeloinnista saadaan luotettava. Telekaapelivalmistajat ilmoittavat esimerkiksi kaapeliesitteissä, missä lämpötilassa asennus tulisi suorittaa. (ST-käsikirja 16, 2008, 267.)

4.3 Telekaapeleiden asennusominaisuudet

Tässä luvussa käsitellään telekaapeleiden asennusominaisuuksia, jotka tulisi ottaa huomioon telekaapeliasennuksia tehtäessä. Yleisesti asennuksissa tulee noudattaa standardien määräyksiä ja kaapelivalmistajan ohjeita. Yleensä tarvittavat asennusominaisuudet löytyvät valmistajan kaapeliesitteestä/datalehdeltä. Seuraavaksi esitellään neljä tärkeintä telekaapeleiden asennusominaisuutta, jotka ovat pienin sallittu taivutussäde, pienin sallittu asennuslämpötila, suurin sallittu vetovoima ja puristuslujuus. Näitä ominaisuuksia noudattamalla kaapeli säilyttää ominaisuutensa ja toimii kuten pitääkin. (Koivisto ym. 2005, 16.)

4.3.1 Pienin sallittu taivutussäde

Pienin sallittu taivutussäde on tärkeä asennusominaisuus, joka tulee ottaa huomioon asennettaessa telekaapeleita. Telekaapelit sisältävät monesti useita kerroksia kuten esimerkiksi johtimet, eristeen, suojauksen ja vaipan. Jotta näiden materiaalien ominaisuuksia ei rikottaisi, kaapelia ei saa taivuttaa liikaa. Liiallinen taivutus voi hajottaa esimerkiksi parikaapelin symmetrian tai kaapelin suojauksen. Valokuidut ovat myös herkkiä katkeamaan liiallisen taivutuksen myötä. (Koivisto ym. 2005, 16.)

Hajonnut kaapeli aiheuttaa järjestelmän toimimattomuuden ja lisäkustannuksia, kun sitä ruvetaan korjaamaan tai vaihtamaan. Erityisen suuri vaikutus liiallisella taivuttamisella on parikaapeleihin, joissa siirretään suuria taajuuksia, koska taivutus rikkoo kaapelin symmetrian, jota hyödynnetään suurien taajuuksien siirrossa. Esimerkkinä voidaan mainita parikaapeleista kategoria 5:stä suurempiin kategorioihin olevat kaapelit (taajuus vähintään 100Mhz). Valokuidulla liiallinen taivuttaminen voi johtaa koko kuidun kat-

keamiseen. Näiden syiden takia on syytä käsitellä kaapelia sallittujen taivutussäteiden mukaisesti. (ST-käsikirja 16, 2008, 139.)

4.3.2 Pienin sallittu asennuslämpötila

Pienin sallittu asennuslämpötila ilmoittaa nimensä mukaisesti alhaisimman lämpötilan, jossa kaapelin asennus onnistuu varmasti ilman ongelmia. Ilmoitettu lämpötila on aina kaapelin lämpötila eikä ympäristön. Jos telekaapeli on asennettaessa liian kylmä, sen ominaisuudet kärsivät jälleen. Esimerkiksi liian matalissa lämpötiloissa kaapelin muovimateriaalit kovettuvat, jolloin taivuttaminen saattaa vaurioittaa sitä. Lisäksi liitoksista ja jatkoksista ei välttämättä tule luotettavia väärällä asennuslämpötilalla. (Koivisto ym. 2005, 17.)

4.3.3 Suurin sallittu vetovoima ja puristuslujuus

Suurin sallittu vetovoima on ominaisuus, joka tulee esille esimerkiksi vedettäessä kaapelia kaapelihyllyllä. Liiallinen voimankäyttö voi johtaa kaapelin pysyvään venymään tai jopa jonkin rakenneosan katkeamiseen. Suurin sallittu vetovoima on hyvin erilainen esimerkiksi pari- ja valokaapeleilla. Parikaapeleilla liiallinen vetovoima voi aiheuttaa parikierron symmetriaan virheitä. Valokuiduilla vastaavasti ohut kuitu katkeaa helposti liiallisesta vetovoimasta. (ST-kortisto 16, 2008, 140.)

Viimeisenä asennusominaisuutena mainittakoon puristuslujuus. Puristuslujuus ilmaisee, kuinka suuren puristuksen kaapeli kestää ilman, että sen ominaisuudet heikkenevät. Puristuslujuus on merkittävin koaksiaalikaapeleilla ja valokuiduilla. Liiallinen puristuslujuus aiheuttaa koaksiaalikaapelissa heijastuksia ja valokuidussa vaimennusta. Tämän takia asennuksissa täytyy olla tarkkana, ettei kaapeli jää puristuksiin esimerkiksi muiden kaapeleiden alle. (ST-kortisto 16, 2008, 140–141.)

4.4 Kaapelikelojen ja -nippujen käsittely ja purkaminen

Lyhyet kaapelipituudet toimitetaan yleensä nippuun pakattuna. Nippu tulee säilyttää ja kuljettaa aina makaavassa asennossa, jotta eri kerrokset eivät mene sekaisin eikä purkaminen vaikeudu. Kaapelinipun purkaminen tapahtuu pitämällä nippua pystyasennossa ja pyörittämällä sitä käsillä. Nippuja ei yleensä saa purkaa vaaka-asennossa, jottei kaapeliin tulisi kiertymää. Eri asia on nipuissa, jotka on pakattu siten, että vaaka-asennossa purkaminen on suositeltavaa. Kaapeli voi olla myös nipussa laatikossa, josta purkaminen tapahtuu erillisen reiän kautta. (Koivisto 2008, 47–48.)

Pitkät kaapelit toimitetaan asennuskohteisiin kaapelikeloina. Keloja tulee käsitellä oikein, jotta kaapeli ei vaurioidu jo ennen varsinaista asennusta. Kelaa tulee kuljettaa ja siirtää aina pystyasennossa, koska kelan rakenne ei kestä nostamista sen ollessa lappeella. Lisäksi kaapelin puolaus kelalla voi mennä solmuun ja kaapelin purkaminen vaikeutuu, jos kelaa käsitellään lappeellaan. Kaapelikelassa on merkittynä nuoli, jonka suuntaisesti kelaa tulee siirtää vierittämällä. Näin kaapeli ei pääse löystymään kelalla. (Koivisto 2008, 47–48.)

Purettaessa kaapelia kelalta on kela nostettava esimerkiksi erilliselle telineelle, jossa se pääsee pyörimään. Kaapelia lähdetään purkamaan aina kelan päältä (yläpuolelta). Kaapelia ei saa purkaa vetämällä kaapelista, vaan purkaminen tulee tapahtua kelaa pyörittämällä. Kaapelia ei kuitenkaan kannata päästää liikaa löystymään kelalla, jottei se taitu kelan alle. (Koivisto 2008, 47–48.)

4.5 Kaapelin veto

Kaapelin vedossa on hyvä ottaa huomioon tietyt asiat ennen varsinaisen vedon suorittamista. Tämä siksi, että väärällä vetotyylillä kaapeli vaurioituu helposti. Tärkeää on, että ennen vetoa tehdään taustatutkimusta kohteesta: selvitetään reitti, mistä kaapeli vedetään ja mahdolliset ongelmakohdat. Hyvällä taustatyöllä vältetään ongelmilta, kuten liian jyrkiltä mutkilta tai huonoilta olosuhteilta.

Telekaapelivalmistaja ilmoittaa aina suurimman sallitun vetovoiman, jota tulee kaapelin vedossa noudattaa. Kuparijohdinkaapeleilla se on yleisesti välillä 10-20N/mm². Jos tä-

mä arvo ylittyy, saattaa kaapeli venyä. Venymä aiheuttaa ongelmia tiedonsiirrossa, koska esimerkiksi parikaapelin parikierto voi vaurioitua.

4.6 Telekaapeleiden asennustavat

Telekaapeleita asennetaan kiinteistöissä monella eri tavalla. Telekaapelit voivat kulkea esimerkiksi kaapelihyllyllä tai putkitettuna. Seuraavaksi käydään läpi yleisimmät telekaapeleiden asennustavat.

4.6.1 Asentaminen kaapelihyllylle

Kiinteistöissä on yleistä, että telekaapelit kulkevat kaapelihyllyillä pitkiäkin matkoja. Kaapelihyllylle asennettaessa on tärkeää, että kaapelit asennetaan huolella ja että ne kulkevat toisiinsa nähden samassa järjestyksessä. Selkeä järjestys on siistin näköinen ja aiheuttaa vähemmän häiriötekijöitä. Lisäksi on hyvä muistaa, ettei kaapelihyllyllä kulje monia kaapeleita päällekkäin, koska alimmaisat kaapelit joutuvat tällöin puristukseen ja saattavat vaurioitua. (ST-käsikirja 34, 2009, 59.)

Kun telekaapeleita asennetaan kaapelihyllylle, tulee huomioida muiden kaapelien vaikutus. Jos samalla kaapelihyllyllä kulkee liian lähekkäin esimerkiksi telekaapeleita ja sähkökaapeleita, saattaa syntyä ongelmia, jotka näkyvät telekaapeleissa häiriöinä. Sähkökaapelit voivat aiheuttaa telekaapeleiden tiedonsiirrolle sähkömagneettisia häiriöitä. Tässä korostuu ennen asennuksia tehtävä suunnittelu. Yleensä pienellä suunnittelulla saadaan telekaapelit ja muut kaapelit asennettua eri hyllyille, jolloin häiriöitä ei synny. Jos kuitenkin erilaiset kaapelit joudutaan asentamaan samalle hyllylle, ne tulee jaotella selkeästi eri puolille kaapelihyllyä. Standardissa SFS-EN 50174-2 käsitellään telekaapeleiden ja muiden kaapeleiden välisiä etäisyyksiä. Nämä etäisyydet tullaan käsittelemään myöhemmin luvussa 5. (ST-käsikirja 34, 2009, 59.)

4.6.2 Asentaminen putkeen

Telakaapelit asennetaan putkeen käyttäen apuna vetoköyttä tai -lankaa. Vedettäessä ohuita johtimia voidaan käyttää apuna myös vetojousta. Ennen telekaapelin asentamista putkeen on varmistuttava, että putki on puhdas, eikä se sisällä vieraita esineitä tai teräviä reunoja. Yleisesti on suositeltavaa, että yhteen putkeen asennetaan yksi kaapeli, jolloin se tulevaisuudessa voidaan vetää putkesta pois ja korvata uudella. Kaapelin vetämisessä putkeen tulee myös huomioida suurin sallittu vetovoima aivan kuten kaapelihylly-asennuksissa. (ST-käsikirja 34, 2009, 64.)

Valokaapeleiden ja -kuitujen putkiasennuksiin liittyy oma tekniikkansa. Kyseessä on niin sanottu puhallustekniikka. Puhallustekniikassa putkeen syötetään ilmaa, jolloin putken sisälle syntyy ilmapatja. Valokaapeli tai -kuitu ohjataan paineistettuun putkeen, jolloin se kulkee ilmapatjan päällä. Tästä syystä kaapeliin ei aiheudu lainakaan veto-
rasitusta. Yleensä kaapelivalmistaja ilmoittaa, onko valokaapeli tai -kuitu sopiva puhallustekniikkaan. (ST-käsikirja 34, 2009, 65.)

4.6.3 Asentaminen johtokanavaan tai sähkölistaan

Telekaapeleita voidaan asentaa myös johtokanaviin tai sähkölistaan. Yleisimmin johtokanaviin asennetaan yleiskaapeloinnin kategorian 6 parikaapeleita tai valokaapeleita, kuten FMMS tai FLMMS, mutta myös muita sisäkäyttöön suunniteltuja kaapeleita voidaan hyödyntää. Asennettaessa johtokanavaan kaapelit on kiinnitettävä huolella. Kaapelien tulee pysyä paikallaan, vaikka johtokanavan kansi aukaistaisiin. (ST-käsikirja 34, 2009, 62.)

Sähkölistaan asennettaessa tulee ryhmäkeskukselle lisätä kilpi, joka ilmaisee, että listan alla kulkee sähkökaapeli. Tällöin esimerkiksi naulan lyöminen listaan voi aiheuttaa vaaran. Telekaapeleilla ongelmaksi johtokanava- ja sähkölista-asennuksissa tulee mahdollinen muiden kaapeleiden läheisyys. Liian lähellä olevat sähkökaapelit voivat aiheuttaa häiriöitä telekaapeleihin. Tästä syystä standardissa SFS-EN 50174-2 on määritelty, että metallista valmistetuissa umpinaisissa johtoteissä asennukset voidaan suorittaa ilman etäisyysvaatimuksia. (SFS-EN 50174-2, 2009, 56.)

4.6.4 Asentaminen seinä- tai kattopinnoille

Telekaapeleita asennetaan myös seinä- ja kattopinnoille, eli tällöin kyseessä on pinta-asennus. Tavallisissa asuinhuoneistoissa telekaapeleiden pinta-asennuksia ei oikeastaan tehdä, mutta muissa kiinteistöissä, kuten tehtaissa, joudutaan välillä suorittamaan pinta-asennuksia. Seinä- ja kattopinnoille asennettaessa tulee tarkkaan miettiä, miten kaapeli kulkee ja miten se kiinnitetään.

Pinta-asennuksessa kaapelin tulee kulkea mahdollisimman suoraviivaisesti. Lisäksi kaapelikiinnikkeiden tulee olla sopivia kaapelille ja asennusympäristöön. Kiinnikeväli tulee olla tasainen, jotta asennus näyttää hyvältä. Jos kaapelia joudutaan taivuttamaan, kiinnitykset tulee tehdä taivutuskohdan molemmin puolin. (ST-käsikirja 34, 2009, 66.)

4.7 Nousu- ja kerroskaapelointi

Tässä luvussa käydään läpi nousu- ja kerroskaapeloinnissa huomioitavia asioita. Nousukaapeli on kaapeli, joka asennetaan yhdistämään kerrosjakamo talojakamoon. Yleiskaapeloinnissa nousukaapelointi toteutetaan valokaapelilla. Nousukaapelointia lähdetään toteuttamaan siten, että valokaapelikela on kerrosjakamossa, josta sitä lähdetään vetämään kohti talojakamoa.

Kaapelin vedossa tulee muistaa kaikki edellä läpikäydyt telekaapeleiden asennuksia koskevat asiat. On siis hyvä muistaa valmistajan ilmoittamat asennusraja-arvot, kuten esimerkiksi suurin vetovoima, pienin taivutussäde ja asennuslämpötila. Näin ollen tulokseksi saadaan onnistunut kaapeliasennus ja toimiva järjestelmä. Nousukaapeloinnissa joudutaan yleensä käyttämään monia eri asennustapoja, kuten esimerkiksi asennusta kaapelihyllyille ja nousukuiluihin. Tästä syystä on tärkeä tuntea eri asennustapojen käytännöt.

Kerroskaapeloinnissa telekaapeli asennetaan kerrosjakamolta tietoliikenneserialle. Kaapelinippu tai -kela on kerrosjakamolla, josta kaapelia vedetään kohti tietoliikenneseriaa. Yleiskaapeloinnissa kerroskaapelointi toteutetaan käyttämällä vähintään Cat 6 -luokan kaapelia. Kerroskaapeloinnissa on myös huomioitava, että parikaapelin kiinteästi asennetun osuuden pituus tulee olla alle 90m. Kategorian 6 parikaapelia ei myöskään saa

jatkaa, vaan kaapeloinnin tulee olla yhtenäinen kerrosjakamolta tietoliikennesialle. Poikkeuksena matkalla olevat erilliset keskityskohdat, jonka kautta kaapeli voi kulkea. (ST-käsikirja 16, 2008, 279–280.)

4.8 Asennusten paloturvallisuus

Kiinteistöistä löytyy järjestelmiä, jotka ovat merkittävässä roolissa hätätilanteissa kuten tulipaloissa. Näissä järjestelmissä käytettäville telekaapeleille asettuu erityisvaatimuksia. Kaapeloinnin tulee olla palonkestävä esimerkiksi turvavalaistuksessa ja erilaisissa hälytysjärjestelmissä. Näin ollen näiden järjestelmien asennuksissa tulee ottaa huomioon muutama asennusteknillinen asia. Toinen näistä on edellä mainittu palonkestävä kaapelointi ja toinen on riittävien palokatkojen asentaminen sähköläpivienteihin. (Draka valintaopas 2012, 1.)

Kaapelivalmistajilta on saatavilla palonkestäviä telekaapeleita. Jotta telakaapeli voidaan luokitella palonkestäväksi, sen täytyy täyttää tietyt standardien vaatimukset. Kaapeleille tulee tehdä polttokokeet, joissa niiden tulee pysyä toimintakunnossa standardien määräämän ajan. Polttokokeita käsitellään standardeissa IEC 60331, EN 50200 ja EN 50362. Kun telekaapeli täyttää kyseisissä standardeissa esitetyt vaatimukset, se voidaan luokitella palonkestäväksi. Asennettaessa telekaapeleita järjestelmiin, joissa palonkestoisuus on pakollinen, tulee varmistaa esimerkiksi kaapelitiedoista, että ne ovat varmasti palonkestäviä ja täyttävät standardien vaatimukset. (Draka valintaopas 2012, 1.)

Asennettaessa telekaapeleita kiinteistöihin joudutaan siirtymään palo-osastolta toiselle. Siirtymäkohdassa tulee huomioida, että telekaapeleiden läpivienti toteutetaan asianmukaisella tavalla ilman, että kiinteistön palo-osastointi kärsii. Telekaapelien läpivienti voidaan toteuttaa palo-osastolta toiselle esimerkiksi siten, että läpimenoaukko eristetään paloa vastaan. Eristyksen tulee vastata palotekniseltä luokaltaan osastoivaa rakennetta. Tähän tarkoitukseen on saatavilla palokatkomassaa, jolla eristäminen onnistuu niin, ettei kiinteistön osastoitavuus heikkene. (D1 2009, 235.)

4.9 Sähkömagneettinen yhteensopivuus

Telekaapeleiden asennuksissa saattaa tulla vastaan termi EMC, joka tulee englannin kielen sanoista electromagnetic compatibility. Suomeksi EMC-termi tarkoittaa sähkömagneettista yhteensopivuutta eli laitteen tai järjestelmän kykyä toimia häiriöttä ja olla häiritsemättä muita lähellä olevia laitteita. Euroopan talousalueella sähköjärjestelmien on täytettävä EMC-direktiivi, jossa vaatimuksena on häiriöpäästöjen rajoittaminen ja riittävä häiriösieto. EMC-direktiivi koskettaa aktiivisia laitteita ja järjestelmiä, joten kaapelointia, joka on passiivinen osa järjestelmää, se ei varsinaisesti koske. Tästä huolimatta EMC-asiat on hyvä ottaa huomioon myös kaapeleita asennettaessa. (ST-käsikirja 16, 2008, 303–304.)

Käytännössä telekaapeleiden EMC-ominaisuudet tulee huomioida asennuskohteen mukaisesti. Esimerkiksi teollisuuden asennuskohteet voivat erota suuresti toimistotilojen kohteista. Tästä syystä asennuskohteen mukaan on syytä harkita kaapelinsuojaluokkaa. Teollisuuskiinteistöihin on hyvä asentaa paremman suojaluokan telekaapeli kuin toimistokiinteistöihin. Telekaapeleiden EMC-ominaisuudet tulee pitää mielessään myös asennettaessa ja kytkiessä telekaapelia, koska asennuksissa tehdyt virheet voivat aiheuttaa kaapelissa rakennemuunnoksia, kuten symmetrisen kaapeloinnin aukeamista. Tämän takia parikaapelin EMC-ominaisuudet kärsisivät. Riittäväällä huolellisuudella ja suunnittelulla saadaan rakennettua järjestelmä, joka toimii häiriöttä eikä myöskään aiheuta häiriöitä. (ST-käsikirja 16, 2008, 309.)

5 TELEKAAPELEITA KOSKEVAT STANDARDIT

Telekaapelointi on lisääntynyt kiinteistöissä huomattavasti viime vuosien aikana. Tällä hetkellä yleiskaapelointi tehdään lähes jokaiseen valmistuvaan rakennukseen. Tästä syystä telekaapelointi ja sitä koskevat standardit kehittyvät vauhdilla. Pysyäkseen ajan tasalla telekaapeloinnin standardeista on hyvä aika ajoin päivittää tietonsa ja tutustua uusimpiin standardeihin.

Standardeja joudutaan päivittämään ja muokkaamaan, jotta ne antaisivat ajan mukaiset vaatimukset esimerkiksi yleiskaapeloinnille ja siihen liittyville asennuksille. Tässä luvussa käsitellään tämän hetken tärkeimmät telekaapelointia koskevat standardit Suomessa. Suurin osa käsiteltävistä standardeista liittyy yleiskaapelointiin, koska se on merkittävin osa kiinteistöjen telekaapelointia. Tarkoituksena on käsitellä telekaapeleihin, niiden käyttöön ja asennuksiin liittyvien standardien pääkohdat talotekniikan näkökulmasta.

5.1 Yleiskaapelointia koskeva EN 50173-sarja

Merkittävimmät yleiskaapelointia ja näin ollen telekaapeleita koskevat standardit ovat standardiperheen EN 50173 standardit. Näiden historia ulottuu vuoteen 1995, jolloin ensimmäinen yleiskaapelointistandardi EN 50173 julkaistiin. Siitä lähtien standardi on kehittynyt ja sitä on päivitetty muutamien vuosien välein vastaamaan sen hetkisiä vaatimuksia. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 9.)

Tällä hetkellä sarja EN 50173 käsittää yhteensä 5 standardin osaa. Seuraavaan taulukkoon on koottu nämä luvut ja niiden englanninkieliset nimet.

TAULUKKO 11. EN 50173 standardiperhe. (SFS-EN 50173-1, 2010, 2)

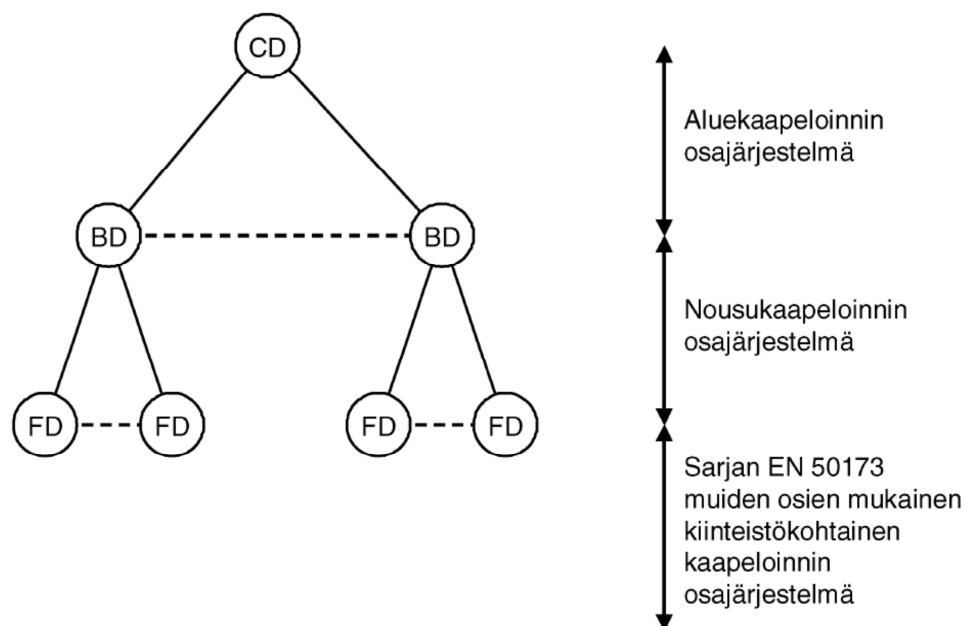
EN 50173-1	Information technology - Generic cabling systems - Part 1: General requirements
EN 50173-2	Information technology - Generic cabling systems - Part 2: Office premises
EN 50173-3	Information technology - Generic cabling systems - Part 3: Industrial premises
EN 50173-4	Information technology - Generic cabling systems - Part 4: Homes
EN 50173-5	Information technology - Generic cabling systems - Part 5: Data centers

EN 50173 – sarjan standardit ovat Suomessa vahvistettu SFS-standardeiksi. Suomennettuja standardin osia näistä ovat SFS-EN 50173-1, -2 ja -4. Ensimmäisessä osassa käsitellään yleiskaapelointiin liittyviä yleisiä asioita ja vaatimuksia. Ensimmäinen osa ohjaa tällöin myös muiden osien standardeja. Toisesta osasta alkaen määritellään standardit eri kiinteistötyypeille. Nämä ovat toimisto- ja teollisuuskiinteistöt sekä kodit ja datakeskukset.

”Sarjan EN 50173 standardit ovat järjestelmästandardeja, joissa määritellään kaapeloinnin rakenne, toiminnalliset osat, perusmitoitus, siirtoteiden ja kanavien suorituskyky sekä kaapeloinnin rakenneosien (kaapelit ja liittämistarvikkeet) ominaisuudet ja suorituskyky.” (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 10.) Tästä voidaan päätellä, että yhteisellä standardisarjalla on suuri merkitys kiinteistöjen telekaapelointiin, koska se määrittää, millaiset ominaisuudet asennettavilta kaapeleilta tulee olla.

5.2 Yleiskaapeloinnin rakenne ja toiminnalliset osat

Yleiskaapelointiin liittyvien standardien lukeminen ja ymmärtäminen helpottuu huomattavasti, kun ymmärtää yleiskaapeloinnin rakenteen eli sen, miten kiinteistöön rakennetaan toimiva yleiskaapelijärjestelmä. Seuraavassa on käyty lyhyesti läpi SFS-EN 50173 standardisarjan mukainen yleiskaapeloinnin rakenne ja sen toiminnalliset osat. Kuviossa 10 esitetään yleiskaapeloinnin rakenne.



KUVIO 10. Yleiskaapeloinnin rakenne (SFS-EN 50173-1, 2010, 58)

Kuvassa CD tarkoittaa aluejakamoa, BD talojakamoa ja FD kerrosjakamoa. Yleiskaapelointi toteutetaan aluejakamosta aluekaapelilla ensin talojakamoon ja sieltä nousukaapelilla kerrosjakamoon. Kerrosjakamolta työpisterasialle telekaapelointi toteutetaan kerroskaapelilla. Nämä jakamot ja kaapelit muodostavat yhdessä yleiskaapeloinnin toiminnalliset osat. (SFS-EN 50173-1, 2010, 56.)

5.3 SFS-EN 50173-1 Yleiset vaatimukset

SFS-EN 50173 -standardisarjan ensimmäinen osa on nimeltään yleiset vaatimukset. Uusin painos standardista on vahvistettu 31.10.2010, ja se on kyseisen standardin neljäs painos. Nimensä mukaisesti standardissa käsitellään yleiskaapelointiin liittyviä yleisiä asioita, kuten esimerkiksi runkokaapelointien osajärjestelmien rakennetta ja kokoonpanoa eri kiinteistötyypeissä sekä kanavien ja siirtoteiden suorituskykyä. Tässä tutkintotyössä pyritään tuomaan esille tärkeimmät telekaapeleita koskevat kohdat. (SFS-EN 50173-1, 2010, 1.)

Standardin alussa määritellään yleiskaapeloinnin rakenne ja toiminnalliset osat. Nämä määrittelyt käsiteltiin tämän työn luvussa 5.2. Lisäksi standardin alussa määritellään käytetyt lyhenteet ja termit.

5.3.1 Kanavien suorituskyky

Luku 5 on tärkeä varsinaisia telekaapeleita koskeva standardin kohta. Siinä käsitellään kanavien suorituskykyä. Luvussa kerrotaan vaatimukset asennuksille ja erilaisille olosuhteille. Kanavien suorituskyky -luku alkaa sillä, että kanaville määritetään ympäristöluokat. Esimerkiksi telakaapelit joutuvat alttiiksi erilaisille ympäristöolosuhteille, jotka vaikuttavat niiden ominaisuuksiin. Tästä syystä on hyvä määrittää kanavien ympäristöluokat. (SFS-EN 50173-1, 2010, 64.)

Kanavat luokitellaan käyttäen MICE-kirjain yhdistelmää. Jokaiselle kirjaimelle on oma määrittelmänsä, mitä se pitää sisällään. Lisäksi jokaiselle kirjaimelle määritellään alain-

deksi, joka määrittää lisää ympäristötekijöitä. Tämä asia selviää seuraavasta taulukosta. (SFS-EN 50173-1, 2010, 64.)

TAULUKKO 12. Kanavien ympäristöluokat (SFS-EN 50173-1, 2010, 64)

Parametri	Ympäristöluokka		
	1	2	3
Mekaaninen luokitus	M ₁	M ₂	M ₃
Hiukkasten ja nesteiden tunkeutumista koskeva luokitus	I ₁	I ₂	I ₃
Ilmastollinen ja kemiallinen luokitus	C ₁	C ₂	C ₃
Sähkömagneettinen luokitus	E ₁	E ₂	E ₃

Taulukko 12 kertoo luokkajaon, mutta ei vielä varsinaisesti, mitä vaatimuksia telekaapeleille määritellään. Tähän tarkoitukseen standardissa on määritelty taulukko ympäristöluokitusten yksityiskohdista. Kyseinen taulukko löytyy liitteestä 14. Siinä on määritelty tarkasti kaikki ympäristövaikutukset, jotka kohdistuvat kanaviin. Tästä voimme päätellä, että mitä isompi alaindeksi kirjaimella on, sitä vaativampi luokitus telekaapeleille määräytyy. (SFS-EN 50173-1, 2010, 64.)

Seuraavaksi standardissa SFS-EN 50173-1 on määritelty kanavien siirtotekninen suorituskky. Tämä on tärkeä kohta telekaapeleissa. Ensimmäisenä on määritelty symmetrisen kaapeloinnin eri luokat. Nämä luokat esitellään taulukossa 13.

TAULUKKO 13. Symmetrisen kaapeloinnin luokat (SFS-EN 50173-1, 2010, 68)

Luokka	Kaistanleveys (MHz)
A	0,1
B	1
C	16
D	100
E	250
E _A	500
F	600
F _A	1000

Taulukosta 13 nähdään, että kaapeloinnin luokka määräytyy sen mukaisesti, kuinka suurella kaistanleveydellä tietoa pystytään siirtämään. Tällä hetkellä kiinteistöjen symmetrisen kaapeloinnin vähimmäisvaatimuksena on luokka E. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

Seuraavaksi standardissa määritellään todella tarkasti jokaisen luokan ominaisuudet. Nämä ominaisuudet ovat samoja ominaisuuksia, joita käsiteltiin luvussa 2.1.2. Esimerkkinä käsitellään heijastusvaimennusta, joka kuvaa kanavan tuloimpedanssin vaihtelua. Luokalle E määritellään heijastusvaimennus seuraavan taulukon mukaisesti. (SFS-EN 50173-1, 2010, 70.)

TAULUKKO 14. Luokan E kanavien heijastusvaimennuksen raja-arvojen kaavat (SFS-EN 50173-1, 2010, 70)

Luokka	Taajuus (MHz)	Heijastusvaimennus, vähintään (dB)
E	$1 \leq f \leq 10$	19
	$10 \leq f \leq 40$	$24 - 5 \cdot \lg f$
	$40 \leq f \leq 250$	$32 - 10 \cdot \lg f$

Taulukon 14 kaavojen avulla saadaan laskettua heijastusvaimennus eri taajuuksille. Esimerkiksi taajuudelle 50Hz heijastusvaimennus on $32 - 10 \cdot \lg(50\text{Hz}) \approx 15\text{dB}$.

Taulukkoon 15 on listattu kaikki symmetrisiä telekaapeleita koskevat ominaisuudet, jotka standardi SFS-EN 50173-1 käsittelee.

TAULUKKO 15. Telekaapeleiden ominaisuudet.

Heijastusvaimennus
Vaimennus
Lähipään ylikuulumisvaimennus (NEXT)
Lähipään vaimennus-ylikuulumissuhde (ACR-N)
Kaukopään vaimennus-ylikuulumissuhde (ACR-F)
Tasavirtasilmukaresistanssi
Tasavirtaresistanssiepäsymmetria
Tasavirtatehonsyöttö
Jännitelujuus
Kulkuaika
Kulkuaikaero
Lähipään epäsymmetriavaimennus (TCL)
Kaukopään epäsymmetriavaimennus (ELTCTL)
Kytkevävaimennus
Lähipään vierasylikuulumisvaimennus (ANEXT)
Kaukopään vaimennus-vierasylikuulumissuhde (AACR-F)
Kapasitanssi

Taulukosta voidaan havaita, että standardi ottaa käsittelyyn kaikki mahdolliset symmetrisen kaapeloinnin ominaisuudet. Voidaan myös päätellä, että symmetrisen kaapeli täytessä standardin vaatimukset, sen valmistamisessa on täytynyt ottaa huomioon monta eri tekijää.

Symmetrisen kaapeloinnin jälkeen standardi käsittelee samaan tyyliin ominaisuudet myös koaksiaalikaapeleille ja optiselle kaapeloinnille. Näin ollen standardin 5 luvussa määritellään, millaiset ominaisuudet kanavilla kiinteistöissä tulee olla.

5.3.2 Kaapeleiden vaatimukset

Tärkein kohta standardissa telekaapeloinnin kannalta on luku seitsemän, jossa asetetaan vaatimukset telekaapeleille. Kaapeleiden vaatimukset aloitetaan määrittämällä kohteen ympäristöluokat, aivan kuten tehtiin kanavien määrittelyssäkin. (SFS-EN 50173-1, 2010, 122.)

Ympäristöluokista standardi siirtyy käsittelemään symmetrisille kaapeleille asetettuja vaatimuksia. Asetettaessa mekaanisia ja sähköisiä vaatimuksia symmetrisille kaapeleille standardi nojautuu toiseen standardiin EN 50288, joka käsittelee symmetrisien kaapeleiden ominaisuuksia. (SFS-EN 50173-1, 2010, 122.)

Tämän jälkeen standardi käsittelee koaksiaalikaapelille asetetut vaatimukset. Myös tässä nojaututaan toiseen standardiin EN 50177-4-1, jossa määritellään tarkasti koaksiaalikaapeleiden ominaisuudet. Standardista löytyy kuitenkin taulukko, jossa käsitellään BCT-C kaapelien sähköistä ja mekaanista suorituskykyä koskevat vaatimukset. Nämä taulukot ovat työn liitteessä 15. (SFS-EN 50173-1, 2010, 126–128.)

Viimeisenä kohtana kaapeleiden vaatimuksissa on vaatimukset optisille kaapeleille. Ensin määritellään vaatimukset kategorian OM1, OM2, OM3 ja OM4 monimuotokuiduille. Standardissa määritellään eri kategorioiden ytimen ja kuoren nimellishalkaisijat sekä suorituskykyvaatimukset. Nämä asiat on esitettyä tämän tutkintotyön luvussa 3.4.3. (SFS-EN 50173-1, 2010, 130.)

Monimuotokuitujen jälkeen standardi käsittelee yksimuotokuidut. Standardissa määritellään suorituskyyvaatimukset OS1 ja OS2 kategorian yksimuotokuiduille. Myös nämä suorituskyyvaatimukset on käsitelty luvussa 3.4.3.

Lopuksi vielä määritellään suorituskyyvaatimukset muovikuituisille optisille kaapeleille. Taulukossa 16 on esitettyä nämä vaatimukset.

TAULUKKO 16. Muovikuitujen suorituskyy. (SFS-EN 50173-1, 2010, 134)

Kategoria	Vaimennus, enintään dB/km			Muotokaistanleveys, vähintään MHz·km		
	650nm	850nm	1300nm	650nm	850nm	1300
OP1	180	N/A	N/A	4	N/A	N/A
OP2	100	33	33	80	188	188
OH1	ffs	10	ffs	ffs	5	ffs

N/A = ei sovellettavissa
ffs = käsiteltävänä

Standardin ensimmäisessä osassa määritellään hyvinkin tarkasti yleiskaapeloinnin suorituskyy ja kaapeleihin liittyvät ominaisuudet. Näin ollen yleiskaapelointia suunniteltaessa ja komponentteja valittaessa on syytä tutustua ensin standardiperheen SFS-EN 50173 ensimmäiseen osaan.

5.4 SFS-EN 50173-2 Toimistotilat

SFS-EN 50173 -standardisarjan toinen osa käsittelee toimistotilojen yleiskaapelointia. Uusin painos standardista on vahvistettu 20.8.2007, ja se on kyseisen standardin kolmas painos. Standardi on tehty vastaamaan toimistokiinteistöjen yleiskaapelointitarpeita. SFS-EN 50173 sarjan toinen osa perustuu ensimmäisen osan vaatimukseen, mutta se täydentää standardisarjaa toimistokiinteistöjen näkökulmasta. Toisessa osassa käydään läpi esimerkiksi toimistokiinteistöjen yleiskaapeloinnin rakenne ja kokoonpano. (SFS-EN 50173-2, 2007, 1.)

Standardi SFS-EN 50173-2 on rakenteeltaan samanlainen kuin ensimmäinen osa. Alkupäässä määritellään jälleen yleiskaapeloinnin toiminnalliset osat ja rajapinnat. Määrittelyssä käytetään hyväksi standardisarjan ensimmäisessä osassa tehtyä määrittelyä, joten

sen läpikäyminen uudestaan ei ole kannattavaa. Lisäyksenä tulee oikeastaan vain tietoliikenne-erä (TO) ja monen käyttäjän tietoliikenne-erä (MUTO). Myös kaapelointi, esimerkiksi runko- tai aluekaapelointi, toteutetaan ensimmäisen osan mukaisesti. (SFS-EN 50173-2, 2007, 18.)

5.4.1 Kanavien suorituskyky kiinteistöissä

SFS-EN 50173-2 standardin viides luku käsittelee kanavien suorituskykyä toimistokiinteistöissä. Luvussa todetaan, että yleisesti toimistokiinteistöjen ympäristöluokitus on M₁I₁C₁E₁. Tämä pitää paikkansa, koska harvemmin kaapeleihin kohdistuu vaativia olosuhteita, kuten kuumuutta tai kosteutta toimistotiloissa. (SFS-EN 50173-2, 2007, 34.)

Kanavien suorituskykyvaatimuksissa viitataan paljon standardin ensimmäisessä osassa olleisiin vaatimuksiin. Kerros-, runkokaapelointi ja optinen kaapelointi toteutetaan toimistokiinteistöissä ensimmäisen osan vaatimusten mukaan. (SFS-EN 50173-2, 2007, 38.)

5.4.2 Telekaapelit toimistokiinteistöissä

Standardiperheen SFS-EN 50173 toista osaa tutkiessa huomaa, että se asettaa vaatimukset toimistokiinteistöihin hyvin pitkälti ensimmäisen osan perusteella. Koko kaapelointi tukeutuu ensimmäisessä osassa esitettyihin vaatimuksiin. Tästä syystä standardi ei tuo kaapeloinnille erityisvaatimuksia.

5.5 EN 50173-3 Teollisuus

EN 50173-3 käsittelee yleiskaapelointia teollisuuskiinteistöissä. Standardia ei ole suomenmennettu SFS-standardiksi. Telekaapeleiden osalta merkittävin muutos kolmannessa osassa kohdistuu optiseen kaapelointiin. Standardi määrittelee, että teollisuuskiinteistöissä voidaan käyttää yleiskaapeloinnissa optisena kaapelointia muovikuituja. Muovikuiduille esitetyt vaatimukset löytyvät standardisarjan ensimmäisestä osasta ja tämän työn taulukosta 16. (ST-ohjeisto 3, 2010, 29.)

Toinen merkittävä tekijä teollisuuskiinteistöissä on MICE-luokitus. Teollisuudessa kaapelit joutuvat huomattavasti vaativampiin ympäristöolosuhteisiin kuin esimerkiksi toimistokiinteistöissä. Tästä syystä teollisuuskiinteistöjen kaapelivalinnoissa on erityisen tärkeää huomioida MICE-luokitus, jotta saadaan tarpeeksi hyvin häiriötä ja vaativia olosuhteita kestävätkä kaapelit. (ST-ohjeisto 3, 2010, 29.)

5.6 SFS-EN 50173-4 Koti

SFS-EN 50173-4 on standardisarjan neljäs osa, ja se käsittelee yleiskaapelointia tavallisten kotien näkökulmasta. Standardi on julkaistu vuonna 2007. Siinä määritellään kohteihin asennettava yleiskaapelointi ja siihen liittyvien telekaapeleiden ominaisuudet. Myös standardisarjan neljännessä osassa kaapeleiden suorituskyky tukeutuu EN 50173-1:seen. (SFS-EN 50173-4, 2007, 1.)

Yleiskaapeloinnin toiminnalliset osat eroavat kodeissa hieman muista kiinteistöistä. Standardi määrittelee kotien yleiskaapeloinnille toiminnallisiksi osiksi kotijakamon, kotikaapelin, toisiokotijakamon, toisiokotikaapelin ja liitántärasian. Yleensä yleiskaapelointi toteutetaan kodeissa kotijakamosta suoraan liitántärasialle kotikaapelilla. Kotikaapelina toimii vähintään kategorian 6 parikaapeli, jonka vaatimukset löytyvät standardisarjan ensimmäisestä osasta. Tavallisessa kodissa kaapeloinnille ei myöskään yleensä asetu erityisvaatimuksia ympäristöolosuhteista, vaan ympäristöluokitus on M₁I₁C₁E₁. (SFS-EN 50173-4, 2007, 24.)

5.7 Standardisarja SFS-EN 50174 Suunnittelu, asennus ja ylläpito

Standardisarjassa SFS-EN 50174 keskitytään yleiskaapeloinnin suunnitteluun, asennukseen ja ylläpitoon. Tässä työssä käsitellään fyysisiin telekaapeleihin liittyviä standardeja, joten painopiste tässä standardisarjassa on asennukseen liittyvissä standardeissa. Kuitenkin sarjan kaikki osat käydään läpi ainakin päällisin puolin.

5.7.1 Standardi SFS-EN 50174-1 Asennusspesifikaatio

Standardisarjan ensimmäinen osa koskee asennuksen spesifiointia, laadunvarmistusta dokumentointia ja hallintoa. Se on julkaistu vuonna 2009. Standardi lähtee käsittelemään asennusspesifikaatioita eli esimerkiksi sitä, millaisia asioita tulee ottaa huomioon yleiskaapelointia asennettaessa. Standardissa käydään läpi paljon suosituksia ja pohdittavia asioita ennen varsinaisiin asennuksiin ryhtymistä. (SFS-EN 50174-1, 2009, 8.)

Standardin luvussa neljä määritellään asennusspesifikaation vaatimukset eli asiat, joita asennusspesifikaatiosta tulee löytyä. Asennusspesifikaatioon tulee sisällyttää tekninen spesifikaatio ja työn laajuus. Telekaapeleiden kannalta tärkeämpi on tekninen spesifikaatio, josta löytyy asennettavan kaapeloinnin suorituskykyvaatimukset. Näin ollen tekninen spesifikaatio määrittelee, millainen kaapelointi kohteeseen tulee. (SFS-EN 50174-1, 2009, 22.)

Standardi määrittelee myös, mitä dokumentteja telekaapeliasennuksista pitää tehdä, kun ne ovat valmiita. Asennusspesifikaatioon tulee kirjata asennettujen kaapeleiden dokumentit ja testitulospasiakirjat. Lisäksi tulee dokumentoida johtoteiden sijainnit, mitat ja kapasiteetti. Asennusspesifikaatiosta tulee käydä ilmi myös kaikki ympäristöolosuhteiden lievennystoimenpiteet, jos sellaisia on tarvittu tehdä. (SFS-EN 50174-1, 2009, 26.)

Standardia tutkiessa huomaa, että kun järjestelmä toteutetaan standardin vaatimalla tavalla, se on hyvin suunniteltu, dokumentoitu ja toimiva. Standardisarjan EN 50174-1 antaa erittäin tarkan ja kattavan määrittelyn laadunvarmistuksesta.

5.7.2 Standardi SFS-EN 50174-2 Sisätilat

Standardisarjan toinen osa on julkaistu vuonna 2009, ja se koskee asennuksen suunnittelua ja asennuskäytäntöjä rakennusten sisätiloissa. Keskeisimmät standardin käsittelemät asiat ovat turvallisuusvaatimukset, kaapeloinnin yleiset asennustavat, parikaapeloinnin asennustavat ja optisen kaapeloinnin asennustavat. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 12.)

Standardissa määritellään vaatimukset kahdelle osa-alueelle, jotka ovat yleiskaapeloinnin suunnittelu ja asennuskäytännöt. Tässä tutkintotyössä pyritään keskittymään asennuskäytäntöihin. Tämän kannalta tärkeimmät luvut standardissa on luku 5, jossa käsitellään tietotekniikan kaapeloinnin asennusten vaatimuksia, sekä luku 6, jossa käsitellään tietotekniikan kaapeloinnin ja sähköverkon kaapeloinnin välistä erotusta. (SFS-EN 50174-2, 2009, 8.)

Tämän tutkintotyön luvussa 4 käsitellään telekaapeleiden asennuksia ja niihin liittyviä huomioitavia asioita. Nämä asennus ovat suurimmaksi osaksi peräisin Standardin SFS-EN 50174-2 luvusta 5. Kyseisessä luvussa määritellään esimerkiksi seuraavia asioita. Kaapeleiden asentamisessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita, jotka määräävät kaapeleiden asennusominaisuudet, kuten pienimmän sallitun taivutussäteen, asennuslämpötilan ja suurimman vetovoiman. Kaapelointi tulee toteuttaa sisäasennuksissa käyttämällä jotakin seuraavista johtoteistä: kaapelihyllyt/kaapelitikkaat, ripustuskiskot, johtokanavat, asennusputket tai pistorasiapylvästä. (SFS-EN 50174-2, 2009, luku 5.)

Standardin luvussa 6 määritellään minimietäisyydet telekaapeleiden ja sähköverkon kaapeleiden välille. Kyseistä asiaa sivuttiin tämän työn luvussa 4.6.1. Vaatimukset koskevat symmetrisiä ja epäsymmetrisiä (esimerkiksi koaksiaalikaapelit) kaapeleita. Valokaapeleille ei tämän kaltaisia suojaetäisyyksiä tarvitse määritellä, koska niissä informaatio kulkee valonmuodossa, ja ne ovat näin ollen immuuneja muiden kaapelien aiheuttamille häiriöille.

Standardi määrittelee eri kaapelien väliset etäisyydet hyvin tarkasti ja laajasti. Tähän työhön on pyritty tuomaan esille standardin sisältö hieman yksinkertaistettuna, mutta kuitenkin asiasisällöltään oikeana. Taulukossa 17 on esitettyä telekaapeleiden ja sähkökaapeleiden väliset minimietäisyydet eri asennustavoilla.

TAULUKKO 17. Telakaapeleiden minimietäisyydet sähkökaapeleista (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 67)

Kaapelin kategoria ja suojusraken- ne	Telekaapelin ja sähkökaapelin välinen minimietäisyys, mm			
	Telekaapeleiden ja sähkökaapeleiden välillä ei ole mitään suojarakennetta.	Telekaapelit tai sähkökaapelit asennettuna omiin metallisiin johtoteihin		
		Avoim (yli 20%) johtotie, esim. kaapelihylly	Suljettu, mutta aukkoja (alle 20%) sisältävä johtotie	Umpinainen johtotie, esim. metalliputki
Kategoria 7, 7A S/FTP	55	35	28	0
Kategoria 5, 6, 6A F/UTP, S/FTP	80	50	40	0
Kategoria 5, 6, 6A U/UTP	100	80	50	0
Alle kategoria 5 tai tuntematon	300	300	150	0

Taulukosta 17 havaitaan minimietäisyydet kaapeleiden välille. Taulukkoa ei kuitenkaan voi hyödyntää suoraan, vaan on otettava huomioon myös sähkökaapeleiden lukumäärä (jännitteen ollessa 230V ja virta enintään 20A). Taulukossa 18 on esitetty kertoimet, jotka tulevat sähkökaapeleiden lukumäärästä. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 68.)

TAULUKKO 18. Sähkökaapeleiden lukumäärästä riippuva kerroin (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 68)

Sähkökaapeleiden lukumäärä	Kerroin
1...5	0,4
6...15	1
16...30	2
31...45	3
46...60	4
61...75	5
>75	6

Telekaapeleiden ja sähkökaapeleiden välinen minimietäisyys saadaan katsomalla taulukosta 17 asennustavan ja parikaapelin suojauksen mukaan etäisyys ja kertomalla se taulukossa 18 esitetyillä kertoimella. Taulukkoarvoista saadaan tietyissä ratkaisuisa hyvin suuria etäisyyksiä. Kyseisissä tilanteissa kannattaa ottaa yhteyttä kaapelivalmistajaan ja

kysyä heidän vaatimuksiaan. Näin vältetään epäkäytännölliset asennukset. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 68.)

Standardiperheen SFS-EN 50174 kolmas osa käsittelee samoja asioita kuin toinen osa, mutta kohteena ovat ulkotilat. Standardi on myös huomattavasti vanhempi kuin kaksi ensimmäistä osaa. Kolmas osa on julkaistu vuonna 2004. Tässä tutkintotyössä käsitellään kiinteistöjen telekaapeleita painopisteenä sisäasennukset, joten standardiperheen kolmatta osaa ei oteta käsittelyyn. (SFS-EN 50174-3, 2004, 1.)

5.8 Standardi SFS-EN 50346 Testausvaatimukset

Standardi SFS-EN 50346 käsittelee kiinteistöjen tietoliikennekaapeloinnin testausvaatimuksia. Standardin uusin painos on vahvistettu vuonna 2003. Asennettaessa kiinteistöihin telekaapeleita, on tärkeää, että ne ovat standardin mukaiset ja täyttävät niille asetetut suorituskykyvaatimukset. Jotta voidaan varmistua, että asennukset on tehty oikein ja kaapelit eivät ole vaurioituneet tai asennettu väärin, on järjestelmä testattava ja mitattava. Standardissa SFS-EN 50346 käsitellään testauksiin liittyviä vaatimuksia. (SFS-EN 50346, 2003, 1.)

Standardi määrittelee, että testattavan kaapeloinnin tulee olla aina kanava tai siirtotie. Kanavalla tarkoitetaan tiettyä kiinteän kaapeloinnin ja taipuisien kaapeleiden kokoonpanoa, johon siirto-/päätelaite on liitetty. Näin ollen kanava voi sisältää useita siirtoiteitä. Siirtotien muodostaa esimerkiksi yksi parikaapeli, joka lähtee paikasta A ja päättyy paikkaan B. (SFS-EN 50346, 2003, 14.)

Yleisten määritysten jälkeen standardi käsittelee parikaapeloinnin ja optisen kaapeloinnin testiparametrit. Parikaapeleiden testiparametreissa viitataan paljon standardiin EN 61935-1, joka on parikaapeloinnin testauksen perus- ja referenssistandardi. Myös optiselle kaapeloinnille löytyy oma testaukseen liittyvä standardi, joka on EN 61280-4. Optisen kaapeloinnin testauksessa tukeudutaankin paljon kyseiseen standardiin varsinkin yksimuotokuitujen testauksessa. (SFS-EN 50346, 2003, 24 ja 36.)

Parikaapelointia testatessa kaapeloinnin suorituskyky testataan kenttätesterillä. Lisäksi samalla tarkastetaan kaapeloinnin rakenne, kokoonpano, dokumentit ja merkinnät. En-

nen varsinaisia testauksia tulee varmistua, että lähtökohdat testaamiselle on kunnossa, kuten esimerkiksi testerin asetukset ja ohjelmistot ovat ajan tasalla. Varsinainen testi tapahtuu siten, että testattavan kaapeloinnin toiseen päähän viedään kaukoyksikkö (esimerkiksi tietoliikennesialle) ja toiseen pääyksikkö (esimerkiksi kerrosjakamo). Näiden yksiköiden avulla testerit määrittää kaapeloinnin suorituskyvyn. Itse testi tehdään käyttämällä pääyksikön Autotest-toimintoa. Testerit testaa parikaapelin jokaisen parin, ilmoittaa tuloksen (hyväksyty/hylätty) ja tallentaa tämän. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 80–81.)

Kaikki kaapeloinnin siirtotiedot tulee testata, jotta mahdolliset häiriöt tulevat esille. Nämä häiriöt tulee korjata välittömästi, minkä jälkeen suoritetaan uusintatesti ja varmistutaan, että standardien vaatimukset täyttyvät. Testerit saa liitettyä tietokoneeseen, jonka kautta saa näkyviin kattavan raportin testaustuloksista. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 83.)

Optinen kaapelointi testataan samalla periaatteella kuin parikaapelointi. Kenttätesterillä tai tehomittaparilla tehdään kaapeloinnin vaimennusmittaus. Toinen yksikkö asennetaan toiseen päähän testattavaa kaapelia ja toinen toiseen päähän. Tämän jälkeen testerit suorittaa vaimennusmittauksen ja ilmoittaa tulokset. Optisessa kaapeloinnissa pätevät samat toimenpiteet kuin parikaapeloinnissa, jos tulos on hylätty. Viat tulee korjata ja suorittaa mittaukset uudelleen. Saadut mittaustulokset kirjataan ylös käsin tai tietokoneelle, minkä jälkeen ne arkistoidaan. (Eurooppalainen yleiskaapelointi 2007, 90–91.)

5.9 Muut telekaapelointiin liittyvät standardit

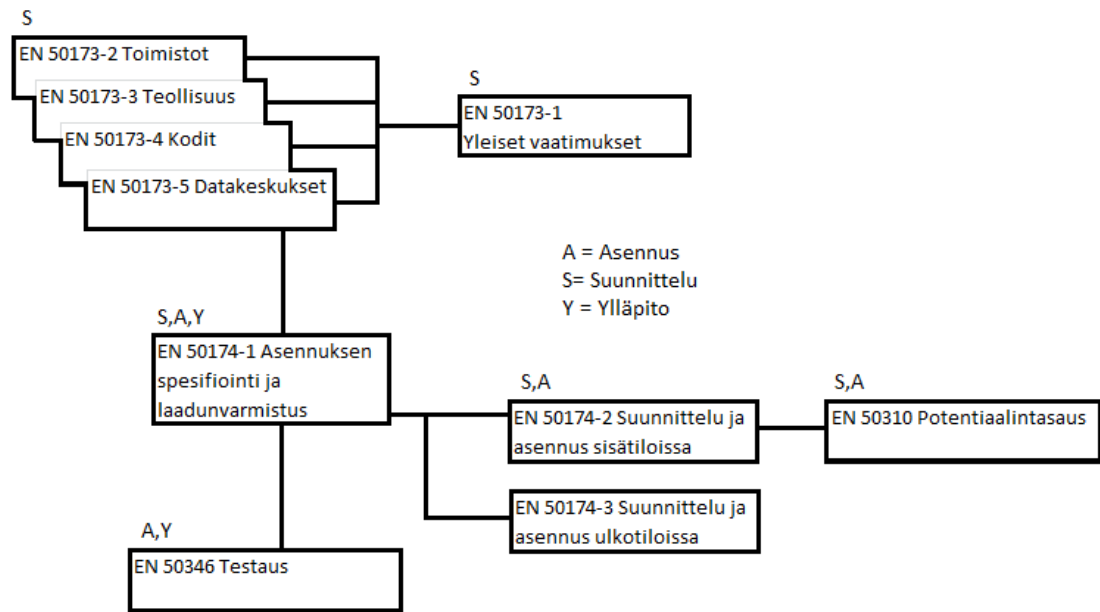
Edellä on esitetty tärkeimmät telekaapelointiin liittyvät standardit. Telekaapelointiin liittyy myös muunlaisia standardeja, joita esitellään tässä luvussa. Kiinteistössä käytetään monessa erilaisessa järjestelmässä, joten jokaista aiheeseen liittyvää standardia on vaikea esitellä. Taulukossa 19 esitelläänkin tärkeimpiä standardeja.

TAULUKKO 19. Telekaapeleita koskevia standardeja

Standardi	Keskeinen sisältö
SFS 6000	Pienjännitesähköasennukset
SFS 6002	Sähkötyöturvallisuus
EN 61935-1	Parikaapeloinnin testauksen perus- ja referenssistandardi
EN 61280-4	Optisten kuitujen testauksen perus- ja referenssistandardi
EN 50288	Parikaapeleiden yleisstandardisarja. Sisältää esimerkiksi vaatimukset parikaapelien siirtokyvystä
EN 50310	Kiinteistöjen potentiaalintasaus
EN 60332, EN 50265 ja EN 50266	Standardit käsittelevät kaapeleiden paloturvallisuutta ja siihen liittyviä vaatimuksia
SFS-EN 60728, EN 50083 ja SFS-EN 50117	Yhteisantennijärjestelmiä koskevat standardi. Merkittäviä koaksiaalikaapeloinnin kannalta

5.10 Yhteenveto telekaapeleita koskevista standardeista

Telekaapelointia ohjaavat lukuisat standardit. Tästä syystä on hyvä tietää, miten eri standardisarjat sitoutuvat yhteen ja mistä standardista löytyy mitään tietoa. Yleisin järjestelmä, johon kiinteistöissä käytetään telekaapeleita, on yleiskaapelointi. Tästä syystä myös standardit painottuvat yleiskaapelointia käsitteleviin standardeihin. Kuviossa 11 on esitettyä yleiskaapelointistandardien väliset yhteydet.



KUVIO 11. Yleiskaapeloinnin standardit (SFS-EN 50173-1, 2010, 22, muokattu)

Kuviossa 11 standardeja on pyritty jaottelemaan eri vaiheisiin, joita ovat suunnittelu, asennus ja ylläpito. Tästä huolimatta voidaan havaita, että varsinkin suunnitteluun jokainen standardi tuo omat vaatimukset, joita tulee noudattaa.

5.11 Viestintäviraston määräykset

Seuraavassa on käyty läpi kaksi viestintäviraston antamaa määräystä, jotka koskevat merkittävästi telekaapelointia. Ensimmäisenä käsiteltävänä määräyksenä on 25E2008M, joka on määräys kiinteistön sisäjohtoverkosta. Kyseistä määräystä on aiemmin sivuttu tässä työssä, mutta tässä luvussa se käydään hieman tarkemmin läpi. Määräys 25E2008M on annettu vuonna 2008 ja se korvaa aikaisemman 2003 vuonna annetun määräyksen. Määräyksen merkittävimmät kohdat telekaapeleita koskien ovat sisäjohtoverkon suorituskykyyn liittyvät vähimmäisvaatimukset. (Viestintävirasto 25E/2008M, 1.)

Kolmannessa momentissa käsitellään sisäjohtoverkon rakennetta ja tärkeimpiä telekaapeleita koskevia määräyksiä. Määräyksen mukaan uudisrakentamisessa jokaiseen asuinhuoneistoon tulee kotijakamo, josta kaapeloidaan tietoliikennesasiat vähintään kategoria 6:n mukaisilla symmetrisellä kaapelilla. Tämä tarkoittaa sitä, että yleiskaapelointiluokaksi tulee vähintään E. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

Toinen merkittävä määräys on, että talojakamosta pitää asentaa huoneiston kotijakamoon neljä yksimuotokuitua kategorioista OS1 tai OS2. Vaihtoehdoksi annetaan ratkaisu, jossa asennetaan valmiit johtotiet valokuiduilla, jolloin ne pystytään asentamaan jälkikäteen ilman rakenteiden rikkomista. (Viestintävirasto 25E/2008M, 3§.)

Toinen telekaapeleita koskettava määräys on 21E2007M, joka on määräys kiinteistön sisäisestä yhteisantenniverkosta ja -järjestelmästä. Määräyksen kolmannessa momentissa käydään läpi kiinteistön sisäisen yhteisantenniverkon ja -järjestelmän rakennetta. Tärkein telekaapeleita koskeva määräys on, että kiinteistön sisäinen yhteisantenniverkko voidaan suunnitella myös käyttäen yleiskaapelointia koskevia standardeja, kunhan järjestelmällä on riittävä suorituskyky. Näin ollen erillisiä koaksiaalikaapeleita ei välttämättä tarvittaisi. (Viestintävirasto 21E/2007M, 3§.)

6 POHDINTA

Tutkintotyön tulokseksi syntyi tietopaketti kiinteistöjen telekaapeleista. Tietopaketti sisältää perustiedot telekaapeleiden rakenteista, ominaisuuksista ja käyttökohteista. Tutkintotyössä käsitellään myös telekaapeleita asennusnäkökulmasta ja käydään läpi yleisiä huomioita eri asennusmenetelmistä. Lisäksi tutkintotyöhön sisällytettiin erillinen luku, jossa käsitellään kiinteistöjen telekaapeleihin liittyviä standardeja ja määräyksiä. Tutkintotyön tulos vastaa hyvin alussa esitettyjä tavoitteita ja lähtökohtia.

Tutkintotyötä tehdessä ja sen edetessä tuli ilmi monia havaintoja aiheesta. Telekaapeleiden rakenteet ovat pysyneet pääpiirteittäin samoina jo vuosikymmeniä, mutta silti joka vuosi tapahtuu kehitystä jollakin osa-alueella. Yksi merkittävä osa-alue, jota kehitetään jatkuvasti, on telekaapeleiden häiriösuojaus. Nämä parannukset vaikuttavat esimerkiksi asennuskäytäntöihin. Lisäksi havaittavissa on erilaisten järjestelmien lisääntyminen jopa tavallisiin asuinrakennuksiin. Erilaisiin järjestelmiin tarvitaan hieman erilaisia kaapeleita, joten tämän hetken telekaapelivalikoima on hyvin laaja.

Kiinteistöjen telekaapeleihin liittyy paljon standardeja ja määräyksiä. Tekniikan kehityksessä myös standardien ja määräysten on kehityttävä vastaamaan sen hetkistä tilannetta. Tästä syystä telekaapeleita koskevat standardit ja määräykset päivittyvät muutaman vuoden välein. Pysyäkseen ajan tasalla on välillä hyvä lukea uusimpia standardi- ja määräysjulkaisuja.

Tutkintotyön tekemisessä esiintyi muutamia haasteita. Ensimmäisenä haasteena oli aiheen laajuus. Tarkoituksena oli kasata kattava tietopaketti, josta löytyisi tärkeimmät asiat kiinteistöjen telekaapeleista. Haasteena oli se, ettei tutkintotyö lähtisi rönsyilemään asiasta toiseen. Toisena haasteena oli ajantasaisen tiedon hankkiminen. Tarkoituksena oli tuoda ilmi tällä hetkellä ajankohtaiset asiat. Tässä suurena apuna oli kaapelivalmistajien internetsivut, joista löytyi paljon ajankohtaista tietoa.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että tutkintotyö telekaapeleista oli mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Tutkintotyötä tehdessä joutui jäsentelemään suuria kokonaisuuksia ja analysoimaan luettua tekstiä. Näin ollen työn edetessä uusia asioita tuli opittua. Kirjoittajana olen tyytyväinen lopputulokseen ja toivon, että tutkintotyöstä olisi hyötyä esimerkiksi alan opiskelijoille.

LÄHTEET

D1. 2009. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 14. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Draka. Automaatio- ja multimediakaapelit -esite. 2011. Helsinki.

Draka. BendBright. 2007. Taivutettavampi yksimuotokuitu. Luettu 31.3.2012 http://www.draka.com/draka/Countries/Draka_Finland/Languages/suomi/navigation/Uutiset/bendbright.html

Draka. Kuparitelekaapelit-esite. 2010. Helsinki.

Draka. Valintaopas. 2012. Palonkestoisen kaapelin valinta. Luettu 1.4.2012 http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka_Finland/Languages/suomi/PDFt/Esitteet/Firetuf_valintaopas_300dpi.pdf

Draka. Valokaapelit-esite. 2010. Helsinki.

Eurooppalainen yleiskaapelointi. Suunnittelu, asennus ja ylläpito. 2007. 1. painos. Onninen Teletekno Oy.

Granlund, K. 2007. Tietoliikenne. 1. painos. Jyväskylä: WSOY.

Ipcom. 2012 Catalogue, Twisted Pair. Luettu 12.3.2012. http://ipcom.ua/en/index.php?option=com_content&view=article&id=243&Itemid=282

Koivisto, P., Kovalainen, S., Marttila, H., Mäkinen, P. & Naskali, V. 2005. Teleasennusopas 2005. 5. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Koivisto, P. 2008. Parikaapeloinnit. Espoo: Sähköinfo Oy.

Koivisto, P. 2009. Optiset kaapeloinnit kiinteistössä. Espoo: Sähköinfo Oy.

Koivisto, P. 2010. ST-ohjeisto 3. Tiedonsiirtokaapelien valinta. 2. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Nestor Cables. Optiset ja kuparijohtimiset tietoliikenne-, teollisuus- ja erikoiskaapelit -esite. 2010.

Opetusmateriaali Esmikko-esimerkkisuunnitelma. 2011.

REKA-kaapeli. Tuoteluettelo. 2011.

RXTX-Tuote Oy. 2012. Koaksiaalikaapeli. Luettu 31.3.2012 <http://www.rxtx-tuote.fi/index.php?valikko=antennitarvikkeet& sivu=kaapeli.rg213u&tuote=Y>

Standardi SFS-EN 50173-1. 2010. Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 1 yleiset vaatimukset. 4. painos. SESKO ry.

Standardi SFS-EN 50173-2. 2007. Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 2 toimistotilat. 3. painos. SESKO ry.

Standardi SFS-EN 50173-4. 2007. Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 4 koti. 4. painos. SESKO ry.

Standardi SFS-EN 50174-1. 2009. Tietotekniikka. Kaapeloinnin asentaminen. Osa 1 asennuksen spesifiointi ja laadunvarmistus. 2. painos. SESKO ry.

Standardi SFS-EN 50174-2. 2009. Tietotekniikka. Kaapeloinnin asentaminen. Osa 2: asennuksen suunnittelu ja asennuskäytännöt rakennusten sisätiloissa. 2. painos. SESKO ry.

Standardi SFS-EN 50174-3. 2004. Tietotekniikka. Kaapeloinnin asentaminen. Osa 3: asennuksen suunnittelu ja asennuskäytännöt rakennusten ulkotiloissa. 2. painos. SESKO ry.

Standardi SFS-EN 50346. 2003. Tietotekniikka. Kaapeloinnin asentaminen. Asennetun kaapeloinnin testaus. SESKO ry.

Standardi SFS 5648. 1995. Valokaapelit. Kaapelin ja kuitujen tyyppimerkintä. Kuitujen tunnistusjärjestelmä. 2. painos. SESKO ry.

Standardi SFS 5728. 1992. Valokaapelit. Sisäasennuskaapelit. SESKO ry.

ST-kortisto. ST 59.10. 2010. Turvavalaistus ja poistumistieopasteet. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-ohjeisto 3. 2010. Tiedonsiirtokaapelien valinta. 2. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 10. 2004. Paloilmoitinjärjestelmät. 4. tarkistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 12. 2008. Antennijärjestelmät. 4. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 16. 2008. Yleiskaapelointijärjestelmät. 3. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Suikkanen, P. 2010. Koaksiaali- ja valokaapelit. Opetusmateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Teletekno. Optiset liityntäverkot. 2006. Luettu 31.3.2012.

http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko/valokuitu/yksi_ ja_monimuotokuidut/

Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. 2004. 4. painoksen uusintapainos. Tampere: Helkama Bica Oy.

Viestintäviraston määräys 21 E/2007 M. 2007. Määräys kiinteistön sisäisestä yhteisan- tenniverkosta ja -järjestelmästä. Helsinki.

Viestintäviraston määräys 25 E/2008 M. 2008. Määräys kiinteistön sisäjohtoverkosta. Helsinki.

Virtuaaliammattikorkeakoulu, sähkölaitteiston tarkastukset -opetusmateriaali. Luettu 18.3.2012. <http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/yhteystiedot.html>

LIITTEET

Liite 1. Värikartat parikaapeille

(Kuparikaapelit Draka 2010, 29)

(Nestor Cables -esite 2010, 62–63)

Televerkon parirakenteisten kaapeleiden värijärjestelmä

1-NELIKIERTEINEN MHS-KAAPELI
Johdineristeen väri

a-johdin	si
b-johdin	va
c-johdin	or
d-johdin	lv

MHS-kaapelin lisäjohdin on punainen. Tinattua kuparijohdinta käytetään häiriösuojan maadoittamiseen.

1-NELIKIERTEINEN ULKOKAAPELI
Johdineristeen väri

a-j.	si	c-j.	ke
b-j.	va	d-j.	pu

10-PARIN PERUSLOHKO TAI KAAPELI
Johdineristeen väri

Pari	a-johdin	b-johdin
1	si	si/va
2	or	or/va
3	vi	vi/va
4	ru	ru/va
5	ha	ha/va
6	si	si/mu
7	or	or/mu
8	vi	vi/mu
9	ru	ru/mu
10	ha	ha/mu

PERUSLOHKOJEN SIDENAUHAT

Peruslohkon no päälohkossa	Sidenauhan väri
1	si
2	or
3	vi
4	ru
5	ha
6	si/va
7	or/va
8	vi/va
9	ru/va
10	ha/va

Pareissa 1-5 b-johtimen perusväri valkoinen ja pareissa 6-10 musta. Lisäksi b-johtimessa kaksi a-johtimen väristä raitaa.

Draka

	Eristys		Peruslohko	Päälohko
	A-johdin	B-johdin		
	Insulation			
A-conductor	B-conductor	Sub-unit	Main-unit	
1				1 1 1
2				2 2 2
3				3 3 3
4				4 4 4
5				5 5 5
6				6 6 6
7				7 7 7
8				8 8 8
9				9 9 9
10				10 10 10

NESMAK-E-LSZH

	Eristys		Lohko
	A-johdin	B-johdin	
	Insulation		
A-conductor	B-conductor	Unit	
1			1 1 1
2			2 2 2
3			3 3 3
4			4 4 4
5			5 5 5
6			6 6 6

Liite 2. Kategorian 6 tietoverkkokaapeli

(Kuparikaapelit Draka 2010, 38)

Tietoverkkokaapelit



Kategoria 6 Tietoverkkokaapeli



Tyyppi	UC 400
Käyttö	Alue-, nousu- ja kerroskaapeloinnin kiinteät sisäasennukset IEEE 802.3: 10Base-T; 100Base-T; 1000Base-T IEEE 802.5: 16MB; ISDN; FDDI; ATM Puhelinverkko
Standardit	EN 50173-1 ISO/IEC 11801 2nd ed. ANSI/TIA/EIA 568B.2
Rakenne	Johdin: hehkutettu kuparilanka Eriste: PE Ryhmä: klerretty pari, UTP:ssa muovinen uraristikko Suoja: kaksi muovipäällysteistä alumiininauhaa ja tinattu kuparilanka FTP rakenteessa Vaippa: sininen RAL 5012, PVC tai halogeeniton


SSTL-no	Nimi UC 400	Draka-no	Halkaisija mm	Massa kg/km	Vakiopituus m	Pakkaus
0264041	23 Cat6 U/UTP 4p	L724000	6,2	39	305	Laatikko
0264071	23 Cat6 U/UTP 4p	L703447	6,2	39	500	Kertak.
0264072	23 Cat6 U/UTP 2x4p	L703448	6,2 x 12,5	78	500	Kertak.
0264040	23 Cat6 U/UTP 4p LSHF	L712461	6,2	40	500	Kertak.
0264070	23 Cat6 U/UTP 2x4p LSHF	L716164	6,2 x 12,5	80	500	Kertak.
0264075	S23 Cat6 U/FTP 4p	L703449	6,5	41	500	Kertak.
0264076	S23 Cat6 U/FTP 2x4p	L703450	6,5 x 13,0	82	500	Kertak.
0264073	S23 Cat6 U/FTP 4p LSHF	L706882	6,5	44	500	Kertak.
0264074	S23 Cat6 U/FTP 2x4p LSHF	L706719	6,5 x 13,0	88	500	Kertak.

Liite 3. MHS-tyypin parikaapeli

(Nestor Cables -esite 2010, 44–45)

HZST-SHW / SHW

Kupariseteleikaapeli - sisäkaapelit



Käyttökohteus
Standardit


Litityöverkon sisäsemaakaapeli.
Kaapeliohjelmauudet SFS 5739.
Patentit IEC 60332-1.
Testaus EN 50289-x-x, EN 50290-x-x.

Application
Standards

Indoor cable for access network.
Cable characteristics SFS 5739.
Fire test IEC 60332-1.
Testing EN 50289-x-x, EN 50290-x-x.

MHS / MHS-LSZH

Copper telecommunication cables - in-house cables



NESTOR CABLES

Nestor koodi	SSTL koodi	Kaapeli-koko	Halkaisija mm	Paino kg/km	Min. vaipan paksuus	Pituus m	Kela
Nestor code	SSTL code	Cable size	Diameter mm	Weight kg/km	Min. sheath thickness	Length m	Packing
L10165	0217056	1x4x0,5	5,1	28	0,8 mm	1000	K6
L10167	0217058	1x4x0,5	5,1	28	0,8 mm	300	*
L10166	0217057	1x4x0,5	5,1	28	0,8 mm	100	*
L10168	0217059	3x2x0,5	5,8	36	0,8 mm	1000	K6
L10169	0217060	3x2x0,5	5,8	36	0,8 mm	200	**
L10170	0217061	5x2x0,5	6,7	47	0,8 mm	1000	K6
L10171	0217062	5x2x0,5	6,7	47	0,8 mm	150	*
L10172	0217063	10x2x0,5	7,8	75	0,8 mm	1000	K7
L10241	0217000	10x2x0,5	7,8	75	0,8 mm	150	*
L10173	0217065	20x2x0,5	9,2	125	0,8 mm	1000	K8
L10174	0217066	30x2x0,5	11,0	175	0,9 mm	1000	K8
L10175	0217067	50x2x0,5	15,0	275	0,9 mm	1000	K10
L10176	0217068	100x2x0,5	19,5	515	1,0 mm	1000	K14

Nestor koodi	SSTL koodi	Kaapeli-koko	Halkaisija mm	Paino kg/km	Min. vaipan paksuus	Pituus m	Kela
Nestor code	SSTL code	Cable size	Diameter mm	Weight kg/km	Min. sheath thickness	Length m	Packing
L10048	0217043	1x4x0,5	5,1	30	0,8 mm	1000	K6
L10050	0217045	1x4x0,5	5,1	30	0,8 mm	300	*
L10049	0217044	1x4x0,5	5,1	30	0,8 mm	1000	*
L10051	0217046	3x2x0,5	5,8	37	0,8 mm	1000	K6
L10052	0217047	3x2x0,5	5,8	37	0,8 mm	200	*
L10053	0217048	5x2x0,5	6,7	50	0,8 mm	1000	K6
L10054	0217049	5x2x0,5	6,7	50	0,8 mm	150	*
L10055	0217050	10x2x0,5	7,8	80	0,8 mm	1000	K7
L10056	0217051	10x2x0,5	7,8	80	0,8 mm	150	*
L10057	0217052	20x2x0,5	9,2	140	0,8 mm	1000	K7
L10058	0217053	30x2x0,5	11,0	190	0,8 mm	1000	K6
L10059	0217054	50x2x0,5	15,0	300	0,9 mm	1000	K10
L10060	0217055	100x2x0,5	19,5	560	1,0 mm	1000	K14

RAKENNE / CONSTRUCTION

Johdin	Hekkuuttu, tinattu kuparilanka, nimellishalkaisija 0,5 mm.
Eritys	PE-eritys
Pakkeri	Kaksi eristettyä johdinta on kerrattu yhteen pariksi. En eristysvärejä on käytetty johtimen tunnistamiseksi; katso värikoodi.
Peruslohko	10 paria on kerrattu yhteen peruslohkoksi. Lohkot on erotettu toisistaan värillisellä tunnustauhallalla; katso värikoodi.
Päällohko	5 tai 10 peruslohkoa on kerrattu yhteen päällohkoksi. Päällohkot erotetaan toisistaan numeroidulla muovinauhalla.
Kertaus	Peus- ja päällohkot on kerrattu yhteen kaapelisydämeiksi.
Nauhottus	Kaapelisydän on suojattu muovinauhalla ja sidottu ristim kahdella polyesteriangalla.
Suoja	Muovipääilystinen alumiini-polyesterikalvo.
Ulkovalppoa MHS	Harmaa (RAL 7035) PVC.
Ulkovalppoa MHS-LSZH	Harmaa (RAL 7035), halogeeniton, UV-suojattu palonestomateriaali.
Conductor	Annealed tinned copper wire, nominal diameter 0,5 mm.
Insulation	Solid PE.
Pair twisting	Two insulated conductors are twisted together to form a pair. Different insulation colours are used for pair identification; see colour code.
Basic unit	Ten pairs are stranded together to form a unit and coloured plastic ribbons are used for unit identification; see colour code.
Main unit	Five or ten basic units are stranded to a main unit. Numbered plastic ribbons are used for main unit identification.
Stranding	Units and main units are stranded together to form a compact cable core.
Wrapping	The cable core is wrapped with a plastic insulating tape bound with two polyester yarns.
Shield	Plastic aluminium foil.
Outer sheath MHS	Grey (RAL 7035) PVC.
Outer sheath MHS-LSZH	Grey (RAL 7035) halogen-free, UV resistant, flame retardant material.

45

nestor
cables

44

nestor
cables

* rengaspakkaus / coiled

Liite 4. MMSA-LSZH -kaapeli.

(Automaatio- ja multimediakaapelit Draka 2011, 31)

Merkinantokaapelit

Paloilmoituskaapeli



Tyyppi	MMSA-LSZH
Käyttö	- Kiinteät sisäasennukset - Merkinanto-, valvonta-, turva- ja paloilmoitinjärjestelmät - Kiinteistöautomaatio
Rakenne	Johdin: tinattu kuparilanka Eriste: halogeeniton muovi Maasuojaja: alumiininauha eristetyn johtimen päällä Ryhmäys: eristetyt johtimet kerrattu yhteen Vaippa: harmaa halogeeniton muovi

Snro	Nimi MMSA-LSZH	Draka-no	Halkaisija mm	Massa kg/km	Vakiopituus m	Pakkaus
0202108	MMSA-LSZH 4x0.8+0.8	L723955	5,5	45	1000	K5
0202109	MMSA-LSZH 12x0.8+0.8	L724171	8,5	120	1000	K6
0202110	MMSA-LSZH 20x0.8+0.8	L724172	11	180	1000	K7

Liite 5. KLMA-kaapeli

(Tuoteluettelo REKA-kaapeli 2011, 40)

MERKINANTOKAAPELI**REKOCLEAN****KLMA F2** 75 V
SFS 2755 soveltaen

Halogeeniton, häiriösuojattu



SS 424 14 75 Paloluokka F2
 EN 50265-2-1 Yksittäin itsesammuttava ja paloa levittämätön
 EN 50267 Halogeeniton, savukaasujen alhainen syövyttävyyys
 EN 61034 Vähäinen savunmuodostus

Johdin: Pyöreä tinattu kuparilanka, halkaisija 0,8 mm
Eristys: Halogeeniton polyolefinimuovi
 Johtimien tunnistaminen:
 2-johtiminen: sininen, keltainen
 4-johtiminen: sininen, keltainen, valkoinen, punainen
Kertaus: Eristetyt johtimet kerrattu yhteen
Häiriösuoja: Muovipäällysteinen alumiininauha, jonka alla on tinattu kuparilanka, halkaisija 0,8 mm
Vaippa: Harmaa halogeeniton, UV-suojattu polyolefiinimuovi
Käyttö: Kiinteään sisäasennukseen, ei maahan eikä suoraan betonivaluun. Merkinanto- ja valvontajärjestelmiin.

Tunnus	Halk.	Paino	Vakio- pakkaus	Tuote- numero
KLMA	mm	kg/km	m	
2x0,8+0,8	5,0	30	500 PK	02 920 11
4x0,8+0,8	6,5	45	500 PK	02 920 13

Liite 6. JAMAK-C LSZH -kaapeli

(Automaatio- ja multimediatelekaapelit Draka 2011, 10–11)

Instrumentointikaapelit

Halogeeniton instrumentointikaapeli



Tyyppi	JAMAK®-C LSZH
Käyttö	- Kiinteät sisäasennukset, erinomainen häiriösuojauskyky - Automaatio - Instrumentointi - Prosessinohjaus - Äänentoistojärjestelmät - Soveltuu Maxi Termi -point kytkentöihin
Rakenne	Johdin: kerrattu, tinattu kuparijohdin Eriste: PE Ryhmä: muovialumiininauhalla suojattu, kierretty pari, maadoitusjohdin ja numeronauha Suoja: kaksi muovialumiininauhaa metallipinnat vastakkain, välissä maadoitusjohdin Vaippa: harmaa halogeeniton muovi

Sno	Nimi JAMAK®	Draka-no	Halkaisija mm	Massa kg/km	Vakiopituus m	Pakkaus
0264202	JAMAK-C 2x(2+1)x0,5 LSZH	L717442	10	90	1000	K7
0264203	JAMAK-C 2x(2+1)x0,5 LSZH	L717702	10	90	200	S4
0264204	JAMAK-C 4x(2+1)x0,5 LSZH	L717443	11	130	1000	K8
0264205	JAMAK-C 4x(2+1)x0,5 LSZH	L717703	11	130	200	S5
0264208	JAMAK-C 8x(2+1)x0,5 LSZH	L717444	15	225	1000	K10
0264212	JAMAK-C 12x(2+1)x0,5 LSZH	L717445	17	300	1000	K11
0264214	JAMAK-C 24x(2+1)x0,5 LSZH	L717704	22	580	1000	K12
0264232	JAMAK-C 48x(2+1)x0,5 LSZH	L717848	30	1100	500	K12

Liite 7. LONAK-kaapeli

(Automaatio- ja multimediakaapelit Draka 2011, 26–27)

Kiinteistöautomaatiokaapeli



Tyyppi **LONAK®**

Käyttö
 - Kiinteät sisäasennukset
 - LON-verkon kaapeloinnit
 - Kiinteistöautomaatiokaapelointi

Rakenne
 Johdin:
 LONAK® 2 x 1,3: kerrattu, tinattu kuparijohdin
 1,3 mm²
 LONAK® 2 x 2 x 0,65: kuparilanka 0,65 mm
 LONAK® 2 x 2 x 0,8: kuparilanka 0,8 mm
 Eriste: PVC-muovi
 Ryhmäys: LONAK® 2 x 1,3: kierretty pari
 LONAK® 2 x 2 x 0,65: kierretty pari
 LONAK® 2 x 2 x 0,8: nelikierre
 Suoja: LONAK® 2 x 2 x 0,65 ja 2 x 2 x 0,8:
 muovialumiininauha, maadoitusjohdin
 Vaippa: harmaa LINYL-PVC

Sno	Nimi LONAK®	Draka-no	Halkaisija mm	Massa kg/km	Vaklopfuus m	Pakkaus
0264920	LONAK 2x1,3	L432332	7,5	65	1000	K6
0264936	LONAK 2x2x0,65	L432911	7,5	50	1000	S6
0264938	LONAK 2x2x0,8	L432498	6,5	60	1000	K6

Liite 8. TELLU 3, 5 ja 7 -koaksiaalikaapelit.

(Kuparikaapelit Draka 2010, 56–57)

Antennikaapelit

Korruoitu TELLU® 75 Ω



Tyyppi TELLU®

Käyttö TELLU® on suomalainen kaapeli-TV-verkon kaapelisarja, joka täyttää EN 50117 mukaiset vaatimukset runko- ja jakoverkkoihin. Ne soveltuvat käytettäväksi uusimpien digitaalisten radio- ja TV-lähetysien välitykseen sekä internet ja multimediasovellutuksiin kaapeliverkoissa.

Rakenne Korruoitu 75 Ω koaksiaalikaapeli

SSTL-no	Nimi TELLU®	Draka-no	Sisäjohtin halkaisija mm	Ulkojohtin halkaisija mm	Vaipan halkai- sija mm	Vakiopituus m	Kela
Ulkokäyttöön:							
0232187	TELLU® 7	1006199	1,7	8,2	11,0	1000	K8
0232188	TELLU® 7 ARM	1006200	1,7	8,2	15,0	1000	K10
0232189	TELLU® 7 AIR	1006201	1,7	8,2	11,0 x 20,0	1000	K10
0232195	TELLU® 5	1006190	2,8	13,1	16,5	1000	K11
0232196	TELLU® 5 ARM	1006191	2,8	13,1	21,0	1000	K12
0232197	TELLU® 5 AIR	1006192	2,8	13,1	16,5 x 26,0	1000	K12
0232191	TELLU® 3	1006175	4,2	19,1	23,1	1200	K14
0232192	TELLU® 3 ARM	1006177	4,2	19,1	28,0	1200	18M
0232193	TELLU® 3 AIR	1006181	4,2	19,1	23,1 x 34,0	1200	18M
0232194	TELLU® SUPERTRUNK	1006210	5,7	25,0	28,0	1200	18M
0232157	TELLU® SUPERTRUNK ARM	L417570	5,7	25,0	33,0	1200	18M
Sisäkäyttöön:							
0232177	TELLU® 7 GHF	1006202	1,7	8,2	11,0	1000	K8
0232199	TELLU® 5 GHF	1006193	2,8	13,1	16,5	1000	K11

Liite 9. TELLU 13 -koaksiaalikaapelit.

(Kuparikaapelit Draka 2010, 58–59)

Antennikaapelit**TV-verkon sisäkaapeli 75 Ω**

Tyyppi **TELLU® 13**

Käyttö TV-, yhteisantenni- ja kaapeli-TV -verkon sisäkaapeli

Rakenne 75 Ω koaksiaalikaapeli:
Sisäjohtin: hehkutettu kuparilanka
Eriste: vaahdotettu PE
Ulkojohtin: liimetty pituussuuntainen kuparinauha jonka päällä kuparilankapalmikko
Vaippa: valkoinen Linyli-PVC tai nippupolttokokeen IEC 60332-3 C kestävä HF

SSTL-no	Nimi TELLU® 13	Draka-no	Halkaisija mm	Sisäjohtin halkaisija mm	Eriste halkaisija mm	Massa kg	Vakio- pituus m
0282186	TELLU® 13 VA	1002586-01000DW	7,0	1,0	4,65	58	1000
0232186	TELLU® 13 VA	1002587-00200DW	7,0	1,0	4,65	58	200
0282182	TELLU® 13 FRNC-C	1002673-01000DW	7,0	1,0	4,65	60	1000
0232182	TELLU® 13 FRNC-C	1002673-00200DW	7,0	1,0	4,65	60	200

Liite 11. FMS-valokaapeli

(Valokaapelit Draka 2010, 12–13)

Sisävalokaapeli

**BBXS**Taivutusta sietävä BendBright^{MS}-kuitu**Tyyppi FMS**

Käyttö Yhden kiinteäpäällysteisen kuidun sisältävä kaapeli välikaapeliksi ja kytkentäjohtoksi. Yksimuotokuituinen versio laajalle lämpötila-alueelle. Nippupolttokokeen kestävä ja halogeeniton ulkovaippa.

Rakenne Kuitu: Kiinteäpäällysteinen (0,9 mm) pienen taivutus säteen salliva BendBright^{MS}-yksimuotokuitu tai monimuotokuitu
Vetoelementit: Kerros synteettisiä kuitunippuja optisen kuidun ympärillä
Vaippa: Yksittäispolttokokeen kestävä vaippa
Vaipan väri: SMT-kuitu (10/125 µm): keltainen
GKT-kuitu (62,5/125 µm): oranssi
GIT-kuitu (50/125 µm): vihreä

Ominaisuuksia Lämpötila-alueet
Kuljetus, varastointi (yksimuotokuitu) -40...+70 °C
Käyttö (yksimuotokuitu) -40...+70 °C
Kuljetus, varastointi (monimuotokuitu) -20...+70 °C
Käyttö (monimuotokuitu) -20...+70 °C
Asennus -15...+60 °C
Puristuslujuus 600 N/100 mm

SSTL-no	Nimi FMS	Draka-no	Halkaisija mm	Lyhytaikainen vetolujuus N	Taivutussäde vedettäessä mm	Taivutussäde asennettuna mm	Massa kg/km
0241655	1xSMT BBXS	1006288	2,0	100	40	30	4,2
0241601	1xGKT OM1	1006292	2,0	100	40	30	4,2
0241648	1xGIT OM3	1006294	2,0	100	40	30	4,2

Liite 12. FTMS-valokaapeli

(Valokaapelit Draka 2010, 16–17)

Sisävalokaapeli



Tyyppi	FTMS
Käyttö	Kiinteäpäällysteisistä kuiduista muodostettu sisä-asennuskaapeli kiinteistöjen kerroskaapelointeihin.
Rakenne	Kuitu: Kiinteäpäällysteinen (0,9 mm) pienen taivutus-säteen salliva BendBright^{KS} -yksimuotokuitu tai monimuotokuitu Kaapelin sydän: synteettiset kuituniput niputettu optisten kuitujen kanssa yhteen Vaippa: harmaa nippupolttokokeen kestävä (4-12 kuituisena) halogeeniton vaippa
Ominaisuuksia	Lämpötila-alueet: Kuljetus, varastointi, käyttö: -20...+70 °C Asennus: -15...+60 °C Puristuslujuus: 2000 N/100 mm

BBXSTaivutusta sietävä BendBright^{KS}-kuitu

SSTL-nro	Nimi FTMS	Halkaisija mm	Lyhytaikainen vetolujuus N	Taivutussäde vedettäessä mm	Taivutussäde asennettuna mm	Massa kg/km
0245583	4xGKT OM1	5,0	1000	150	75	26
0245589	8xGKT OM1	6,0	1000	180	90	35
0245591	12xGKT OM1	6,5	1200	195	98	45
0245585	4xSMT BBXS	5,0	1000	150	35	26
0245587	8xSMT BBXS	6,0	1000	180	45	35
0245593	12xSMT BBXS	6,5	1200	195	50	45
0241614	24xSMT BBXS	8,5	1500	255	65	65
0241624	4xGIT OM3	5,0	1000	150	75	26
0241628	12xGIT OM3	6,5	1200	195	98	45

Liite 13. Hybridikaapeli

(Valokaapelit Draka 2010, 16–17)

Hybridikaapeli



Tyyppi U/UTP Cat 6 + 4 x SML G657 BBXS + TELLU13

Käyttö Yhdistelmäsäasennuskaapeli kiinteistöjen nousu- ja kerroskaapelointeihin ja "kuitu kotiin"-sovelluksiin. Pienen taivutussäteen salliva BendBright^{ES}-kuitu.
IEEE 802.3: 10Base-T, 100Base-T, 1000Base-T
IEEE 802.5: 16MB; ISDN; FDDI; ATM
Puhelinverkko
TV-, yhteisantenni- ja kaapeli-TV-verkko

Standardit: EN 50173-1, EN 50288-6-1
ISO/IEC 11801 2nd edition, IEC 61156-5
ANSI/TIA/EIA 568-B.2-1 6/2002
ITU-T Rec. G.657.A2
IEC 60332-1, IEC 60754-2, IEC 61034

Rakenne Kaapelin sydän: 4-parinen Cat 6 U/UTP ja optinen yksikkö muovisessa urarungossa. Optisessa yksikössä neljän BendBright^{ES}-yksimuotokuidun rippu, aramidikuitulujite ja keltainen muovivaippa. Optisen yksikön min. taivutussäde 15 mm. TELLU13

Vaippa: Harmaa, halogeeniton, itsestään sammuva vaippa, repäisyfanka alla

Ominaisuuksia Lämpötila-alueet:
Kuljetus, varastointi: -40 ... +70 °C
Asennus: -15 ... +55 °C
Käyttö: -30 ... +70 °C
Puristuslujuus: 500 N/100 mm

Paloturvallisuus:
IEC 60332-1-2 Yksittäisenä itsestään sammuva
IEC 60754-1 Halogeenittomuus
IEC 60754-2 Savukaasujen syövyttävyys
IEC 61034-3 Vähäinen savunmuodostus

BBXS
Taivutusta sietävä BendBright^{ES}-kuitu

SSTL-no	Nimi	Draka-no	Halkaisija mm	Lyhytaikainen vetolujuus N	Taivutussäde vedettäessä mm	Taivutussäde asennettuna mm	Massa kg/km
0264013	U/UTP Cat 6 + 4 x SML G657 BBXS + TELLU13	1016770	7,0 x 14,2	180 N	110	70	103

Liite 14. Ympäristöluokitusten yksityiskohdat.

1 (2)

(SFS-EN 50173-1, 2010, 64)

Mekaaninen luokitus	M ₁	M ₂	M ₃
Isku/Jyskytys ^a			
Kiihtyvyyden huippuarvo	40 m/s ²	100 m/s ²	250 m/s ²
Tärinä			
Poikkeaman amplitudi (2 Hz...9 Hz)	1,5 mm	7,0 mm	15,0 mm
Kiihtyvyys amplitudi (9 Hz...500 Hz)	5 m/s ²	20 m/s ²	50 m/s ²
Vetovoima	Katso huomautus 1	Katso huomautus 1	Katso huomautus 1
Puristus	45 N yli 25 mm (lineaarinen) min.	1 100 N yli 150 mm (lineaarinen) min.	2 200 N yli 150 mm (lineaarinen) min.
Isku	1 J	10 J	30 J
Taivutus ja kierto	Katso huomautus 1	Katso huomautus 1	Katso huomautus 1
Hiukkasten ja nesteiden tunkeutumista koskeva luokitus	I₁	I₂	I₃
Hiukkasten tunkeutuminen (enimmäishalkaisija)	12,5 mm	0,05 mm	0,05 mm
Nesteiden tunkeutuminen	Ei mitään	Jaksottainen nestesuihku ≤ 12,5 l/min ≥ 6,3 mm suihku > 2,5 m etäisyys	Jaksottainen nestesuihku ≤ 12,5 l/min ≥ 6,3 mm suihku > 2,5 m etäisyys ja upotus (≤ 1 m ja ≤ 30 min)
Ilmastollinen ja kemiallinen luokitus	C₁	C₂	C₃
Ympäristön lämpötila	-10...+60 °C	-25...+70 °C	-40...+70 °C
Lämpötilan muutosnopeus	0,1 °C/min	1,0 °C/min	3,0 °C/min
Kosteus	5 %...85 % (ei -tiivistyvä)	5 %...95 % (tiivistyvä)	5 %...95 % (tiivistyvä)
Auringon säteily	700 W/m ²	1 120 W/m ²	1 120 W/m ²
Nestemäiset saasteet	Pitoisuus × 10 ⁻⁶	Pitoisuus × 10 ⁻⁶	Pitoisuus × 10 ⁻⁶
Natriumkloridi (suola/merivesi)	0	< 0,3	< 0,3
Öljy (kuivan ilman konsentraatio)	0	< 0,005	< 0,5
Natriumstearaatti (saippua)	Ei mitään	> 5 × 10 ⁴ vesipitoinen ei-hyytyvä	> 5 × 10 ⁴ vesipitoinen hyytyvä
Pesuaine	Ei mitään	ffs	ffs
Liuenneet johtavat materiaalit	Ei mitään	Ajoittain	Jatkuvasti
Kaasumaiset saasteet	Keskimäärin/Enintään (Pitoisuus × 10 ⁻⁶)	Keskimäärin/Enintään (Pitoisuus × 10 ⁻⁶)	Keskimäärin/Enintään (Pitoisuus × 10 ⁻⁶)
Rikkivety	< 0,003 / < 0,01	< 0,05 / < 0,5	< 10 / < 50
Rikkidioksidi	< 0,01 / < 0,03	< 0,1 / < 0,3	< 5 / < 15
Rikkiatrioksidi (ffs)	< 0,01 / < 0,03	< 0,1 / < 0,3	< 5 / < 15
Märkä kloori (> 50 % kosteus)	< 0,000 5 / < 0,001	< 0,005 / < 0,03	< 0,05 / < 0,3
Kuiva kloori (< 50 % kosteus)	< 0,002 / < 0,01	< 0,02 / < 0,1	< 0,2 / < 1,0
Kloorivety	- / < 0,06	< 0,06 / < 0,3	< 0,6 / 3,0
Fluorivety	< 0,001 / < 0,005	< 0,01 / < 0,05	< 0,1 / < 1,0
Ammoniakki	< 1 / < 5	< 10 / < 50	< 50 / < 250
Typhen oksidit	< 0,05 / < 0,1	< 0,5 / < 1	< 5 / < 10
Otsoni	< 0,002 / < 0,005	< 0,025 / < 0,05	< 0,1 / < 1

(jatkuu)

Liite 14. Ympäristöluokitusten yksityiskohdat

2 (2)

(SFS-EN 50173-1, 2010, 64)

Sähkömagneettinen luokitus	E ₁	E ₂	E ₃
Staattinen purkaus – Kosketus (0,667 μC)	4 kV	4 kV	4 kV
Staattinen purkaus – Ilma (0,132 μC)	8 kV	8 kV	8 kV
Radiotaajuinen säteily, amplitudimoduloitu (RF – AM)	3 V/m; 80...1 000 MHz 3 V/m; 1 400...2 000 MHz 1 V/m; 2 000...2 700 MHz	3 V/m; 80...1 000 MHz 3 V/m; 1 400...2 000 MHz 1 V/m; 2 000...2 700 MHz	10 V/m; 80...1 000 MHz 3 V/m; 1 400...2 000 MHz 1 V/m; 2 000...2 700 MHz
Johtuva radiotaajuinen jännite (RF)	3 V; 150 kHz...80 MHz	3 V; 150 kHz...80 MHz	10 V; 150 kHz...80 MHz
Nopea transientti/purske (EFT/B) AC-tehonsyöttökaapelointi mukaan lukien suojamaa	1 000 V	1 000 V	2 000 V
Nopea transientti/purske (EFT/B) tulo/lähtö (signaali/data/ohjaus)	500 V	500 V	1 000 V
Syöksyjännite – signaalijohdin – maa	500 V	1 000 V	1 000 V
Magneettikenttä (50/60 Hz)	1 A/m	3 A/m	30 A/m
Magneettikenttä (60...20 000 Hz)	ffs	ffs	ffs
^a Kanavaan kohdistuvan toistuvan iskun luonne tulee ottaa huomioon.			
HUOM. 1 Tämä ympäristötekijä riippuu asennuksesta ja sen määrittelyssä tulisi ottaa huomioon standardi EN 50174-2 sekä kyseistä rakenneosaa koskeva spesifikaatio.			

Liite 15. Koaksiaalikaapeliin sähköiset ja mekaaniset vaatimukset

(SFS-EN 50173-1, 2010, 128)

Taulukko 51 Kategorian BCT-C kaapelin sähköistä suorituskykyä koskevat vaatimukset

Nro	Sähköiset ominaisuudet	Taajuus MHz	Vaatus
a)	Keskimaarainen ominaisimpedanssi	$f = 100$	$(75 \pm 3) \Omega$
b)	Heijastusvaimennus (RL), vähintään 100 m kaapelipituus	$5 \leq f < 470$	20 dB
		$470 \leq f < 1\,000$	18 dB
		$1\,000 \leq f \leq 3\,000$	12 dB (ffs)
c)	Vaimennus, enintään	$1 \leq f < 100$	$0,625 \times \sqrt{f} + 0,0001 \times f$ dB/100 m
		$100 \leq f \leq 3\,000$	$0,597 \times \sqrt{f} + 0,0026 \times f$ dB/100 m
	Informatiiviset arvot avaintaajuuksilla	$f = 5$	4,0 dB/100 m
		$f = 10$	4,0 dB/100 m
		$f = 100$	6,3 dB/100 m
		$f = 200$	9,0 dB/100 m
		$f = 600$	16,2 dB/100 m
		$f = 1\,000$	21,5 dB/100 m
		$f = 2\,400$	35,5 dB/100 m
$f = 3\,000$	40,5 dB/100 m		
d)	Tasavirtasilmukkaresistanssi, enintään	d.c.	9 Ω /100 m
e)	Kuormitettavuus tasavirralla	d.c.	0,5 A
f)	Käyttöjännite	d.c.	72 V
g)	Tehonsiirtokyky	d.c.	ffs
h)	Nopeuskerroin		> 66 %
i)	Suojausvaimennus, vähintään (EMC-luokka A)	$30 \leq f < 1\,000$	85 dB/100 m
		$1\,000 \leq f \leq 3\,000$	ffs
	Suojausvaimennus, vähintään (EMC-luokka B)	$30 \leq f < 1\,000$	75 dB/100 m
		$1\,000 \leq f \leq 3\,000$	ffs
j)	Kytkäimpedanssi, enintään	$f = 5$	7 m Ω /m
		$f = 30$	1,2 m Ω /m

HUOM. EMC-luokkien A ja B raja-arvot ovat standardin EN 50083-2:2006 taulukon 10 mukaiset.

Taulukko 52 Kategorian BCT-C kaapelin mekaanista suorituskykyä koskevat vaatimukset

Nro	Kaapelin ominaisuus	Arvo
a)	Sisäjohtimen halkaisija ^a	0,6...1,2 mm
b)	Eristeen halkaisija ^a	3...6 mm
c)	Ulkojohtimen halkaisija	3,5...6,5 mm
d)	Koaksiaalisten elementtien lukumäärä kaapelissa	≥ 1
e)	Kaapelin ulkohalkaisija ^b	≤ 11 mm
f)	Lämpötila-alue ^c	asennus: 0...+50 °C
		käyttö: -20...+60 °C
g)	Pienin sallittu taivutussäde vedon aikana	10 kertaa kaapelin ulkohalkaisija
h)	Pienin sallittu taivutussäde asennettuna	4 kertaa kaapelin ulkohalkaisija
i)	Kaapelin merkintä	Vaatimusten mukaan

^a Alle 0,6 mm ja yli 1,2 mm johdin halkaisijat eivät mahdollisesti ole yhteensopivia kaikkien liittämistarvikkeiden kanssa. Vaatimuksen mukaisuutta varmistaessa tulee perusteena käyttää keskiarvoa, joka saadaan laskemalla kahdesta IEC-menetelmän mukaisesta mittauksesta.^b Tämä tulisi minimoida johtoteiden ja ristikytkentöjen kapasiteetin parhaaksi hyödyntämiseksi. Ei koske maton alle asennettavia kaapeleita.^c Joissakin tapauksissa (esim. rakennuksen kaapelointi kylmässä) voidaan vaatia kaapeleita, joita voidaan taivuttaa lämpötilassa -30 °C.