



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Kuusisaari

Kerrostalo-yhtiön sähkö- ja viestintäjärjes- telmien saneeraus

Tekniikka
2024

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Kuusisaari
Opinnäytetyön nimi	Kerrostalo-yhtiön sähkö- ja viestintäjärjestelmien saneeraus
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	78 + 0 liitettä
Ohjaaja	Jarkko Vuorinen

Opinnäytetyön aiheena oli käydä läpi kerrostalo-yhtiön sähkö- ja viestintäjärjestelmien saneerausprojektin kulkua. Opinnäytetyötä on tarkoituksena käyttää tulevaisuudessa Sähköasennus Pohjanmaa Oy:n saneerausprojekteissa suunnittelun ja toteutuksen apuvälineenä.

Työn tärkein tavoite oli koostaa eräänlainen tietopaketti, josta voisi tarkastaa asioita ryhdyttäessä suunnittelemaan tai toteuttamaan kerrostalo-yhtiön sähkö- ja viestintäjärjestelmien saneerausprojektia. Työssä on käyty läpi teknisen suunnittelun kannalta oleellimmat peruseräatteen sekä lasku- ja mitoitusprosessit yksityiskohtaisesti esimerkein havainnollistaen. Työssä esitellyt laskukaavat sekä muu tieto on hankittu pääasiassa sähköalan eri julkaisuista. Myös Sähköasennus Pohjanmaan hankkimaa kokemusperäistä tietoa on käytetty havainnollistamaan vanhojen asennusten rakenteita.

Työn tuloksena syntyi kattava tietopaketti, joka käsittelee laajasti vanhojen asennusten erilaisia toteutustapoja ja ongelmakohtia. Voidaan todeta, että vanhoja asennuksia saneerattaessa on oltava erityisen varovainen ja tietoinen siitä mitä on tekemässä, sillä mm. käytetyt johdinvärit ovat muuttuneet ajan saatossa useita kertoja. Myös vanhoja sähköasennusputkia käsitellessä on oltava varuillaan, sillä ne saattavat sisältää ihmisen terveydelle haitallisia yhdisteitä.

ABSTRACT

Author	Ville Kuusisaari
Title	Renovation of Apartment Building Company's Electrical and Communication Systems
Year	2024
Language	Finnish
Pages	78 + 0 Appendices
Name of Supervisor	Jarkko Vuorinen

The topic of the thesis was to look into the process of a renovation project of the electrical and communication systems in an apartment building. The thesis is intended to be used in the future as a planning and implementation tool in renovation projects by Sähköasennus Pohjanmaa Oy.

The main purpose of the thesis was to compile an information package, to aid when planning or implementing a renovation project for the electrical and communication systems of an apartment building. The thesis studies the most essential basic principles of technical design, as well as calculation and dimensioning processes in detail, illustrated with examples. The calculation formulas presented in the thesis, as well as other information, were mainly obtained from various publications in the electrical field. Experience-based knowledge acquired by Sähköasennus Pohjanmaa was also used to illustrate the structures of old installations.

As a result of the thesis, a comprehensive information package was created, which extensively covers different implementation methods and problem points of old installations. It can be stated that when renovating old installations, special care needs to be taken as, for example, the colors of the conductors used have changed several times over time. Also, old electrical installation pipes have to be handled with utmost care, as they may contain compounds harmful to human health.

Keywords	Electrical renovation, communication systems, old electrical installations, and antenna systems
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	SÄHKÖ- JA VIESTINTÄJÄRJESTELMIEN TOTEUTUKSILLE ESITETYT VAATIMUKSET	8
	2.1 Yleiset vaatimukset sähköasennuksille.....	8
	2.2 Yleiset vaatimukset tieto- ja viestintäjärjestelmille.....	8
	2.2.1 Yleiskaapeloinnin vaatimukset.....	9
	2.2.2 Antenniverkon vaatimukset.....	10
3	VANHOISSA ASENNUKSISSA ESIINTYVÄT TOTEUTUSTAVAT	11
	3.1 Käytetyt kaapelit	11
	3.2 Käytetyt tunnusvärit johtimilla	11
	3.3 Kiinteistön sisäisen sähköverkon rakenne.....	14
	3.4 Tieto- ja viestintäverkkojen rakenne	16
4	OLEMASSA OLEVIEN JÄRJESTELMIEN ONGELMAKOHDAT	18
	4.1 Kaapeleiden sekä johdinten ja johtoteiden osalta huomioitavat asiat ..	18
	4.2 Sähköjakelujärjestelmän osalta huomioitavat asiat.....	19
	4.3 Tieto- ja viestintäjärjestelmien osalta huomioitavat asiat	19
5	KUNTOTUTKIMUKSET	21
	5.1 Tieto- ja viestintäjärjestelmien kartoitus.....	21
	5.1.1 Kuntoluokitukset.....	22
	5.1.2 Jakamo- ja teletilojen kuntotutkimukset	24
	5.2 Sähkötekniisten järjestelmien kartoitus	24
	5.2.1 Asennus- ja apujärjestelmät	25
	5.2.2 Sähköenergian liittäminen	25
	5.2.3 Pääjakelujärjestelmä	25
	5.2.4 Laitteiden ja laitteistojen sähköistys.....	26

5.2.5	Pistorasiat.....	26
5.2.6	Sisävalaistus	26
5.2.7	Ulkovalaistus	27
6	SUUNNITTELU.....	28
6.1	Johtoteiden suunnittelu.....	28
6.2	Ryhmäkeskuksia syöttävien nousujohtojen mitoitusprosessi.....	30
6.2.1	Esimerkki nousujohtojen mitoituksesta.....	31
6.2.2	Osuus 1. Tikashyllyasennus, jossa johdot koskettavat toisiaan sekä ilman lämpötila on 30°C.	36
6.2.3	Osuus 2. Palosuojakoteloasennus, jossa johdot koskettavat toisiaan sekä ilman lämpötila on 40°C.....	38
6.2.4	Nousujohtojen valinta.....	40
6.3	Keskusten suunnittelu	43
6.3.1	Ryhmäkeskukset.....	45
6.3.2	Pääkeskus	48
6.3.3	Esimerkki pääkeskuksen mitoitusarvojen laskemisesta	51
6.3.4	Mittauskeskus	55
6.4	Antennijärjestelmän suunnittelu	55
6.4.1	Esimerkkilaskelmat antennijärjestelmän mitoituksesta	57
6.4.2	Vahvistimien lähtötasot	59
6.5	Yleiskaapelointijärjestelmän suunnittelu	61
6.5.1	Yleiskaapeloinnin johto- ja kaapelireiteillä noudatettavat etäisyydet sähkökaapeleihin.....	64
6.5.2	Esimerkki nousukaapeloinnin toteutuksesta.....	65
6.5.3	Esimerkki nousukaapelien etäisyyden laskemisesta sähkökaapeleihin	66
6.5.4	Talopakamot	67
6.5.5	Kotipakamot	71
7	YHTEENVETO	73
	LÄHDELUETTELO	74

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1 "Puumainen" nousujohdotus asuntokohtaisilla mittarikeskuksilla.....	14
Kuva 2 "Puumainen" nousujohdotus kerroskohtaisilla mittauskeskuksilla	15
Kuva 3 Tähtimäinen nousujohdotus rappukohtaisilla monimittarikeskuksilla	16
Kuva 4 Ketjutettu antenniverkko.....	17
Kuva 5 "Puumainen" antenniverkko.....	17
Kuva 6 Valmis suojakoteloratkaisu putkille (Kuva VM-kotelot Oy).....	29
Kuva 7 Laskuesimerkki nousujohtojen mitoituksesta	31
Kuva 8 Esimerkki nolla- ja suojamaadoitusjohtimien kytkennästä rinnan.....	47
Kuva 9 Esimerkki antennijärjestelmän toteutuksesta yli 25 asunnon kohteessa.	56
Kuva 10 M65 E mukaiset signaalitasot antennirasioilla.	60
Kuva 11 Esimerkki asuntokohtaisesta nousukaapeloinnista.....	66
Kuva 12 Esimerkki talojakamon kalustuksesta	69
Kuva 13 Esimerkki talojakamon kalustuksesta, kun antenniverkon tähtipiste on asennettu jakamokaappiin.....	70
Kuva 14 UTU IT-Pointer -yhdistelmäkeskus (Kuva UTU Oy)	71
Kuva 15 Esimerkki kotijakamon kalustuksesta	72

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantajana toimii Sähköasennus Pohjanmaa Oy. Sähköasennus Pohjanmaa on vuonna 2016 perustettu sähköasennusalan yritys, joka suorittaa kaiken kokoisia sähköasennustöitä aina pistorasian vaihdosta kerrostaloyhtiön kokonaisvaltaiseen sähkösaneeraukseen.

Opinnäytetyön aihe valikoitui Sähköasennus Pohjanmaa Oy:n tarpeesta selkeyttää kerrostaloyhtiöiden sähkösaneerausprojektien toteutusta omissa projekteissaan, sillä tämän kaltaisten töiden kysyntä on kovassa kasvussa. Vanhempien kerrostaloyhtiöiden sähkö- ja putkitekniikka alkaa olemaan todella vanhentunutta, mikä johtaa tarpeeseen uusita joko putki- tai sähköasennukset kerrostaloyhtiöissä. Usein nämä korjaustyöt pyritään tekemään samalla kertaa, sillä monesti pystytään hyödyntämään samoja asennusreittejä sekä putkille että sähköjohdoille.

Tässä työssä selvitetään, millaisia toteutustapoja vanhoissa kerrostaloissa on sovellettu niiden rakennusaikaan sekä selvitetään, miten ne poikkeavat nykyajan vaatimuksista ja tarpeista. Selvitystyön pohjana toimivat sähköalan eri julkaisut, sekä Sähköasennus Pohjanmaan keräämä kokemusperäinen tieto. Työssä käydään läpi myös asennusten tekninen suunnittelu sekä huomioitavat erityisvaatimukset ja määräykset.

2 SÄHKÖ- JA VIESTINTÄJÄRJESTELMIEN TOTEUTUKSILLE ESITETYT VAATIMUKSET

Suomessa eri viranomaiset ovat esittäneet vaatimuksia sähkö- ja viestintäjärjestelmien toteutuksille ja suorituskyvylle. Sähköasennusten toteutusta ohjaavat Sähköturvallisuuslaki, valtioneuvoston asetukset sekä näihin perustuvat Suomen standardisoimisliitto SFS ry:n julkaisemat standardisarjat. Standardisarjat on laadittu niin, että niitä noudattamalla lakien ja asetusten asettamat vaatimukset täyttyvät [1]. Viestintäjärjestelmien toteutusta ohjaavat Liikenne- ja viestintävirasto Traficom:n julkaisemat määräykset. Asennuksien toteutukseen vaikuttavat myös palo- ja pelastustoimen määräykset.

2.1 Yleiset vaatimukset sähköasennuksille

Sähköturvallisuuslaissa on säädetty, että sähkölaitteet, sekä laitteistot on suunniteltava sekä rakennettava ja korjattava niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle taikka omaisuudelle vaaraa;
 - 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
 - 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.
- [2.]

2.2 Yleiset vaatimukset tieto- ja viestintäjärjestelmille

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom:n julkaisema määräys M65 E velvoittaa sekä uudis- että korjausrakentamisen kohteena olevien kohteiden tieto- ja viestintäverkkojen rakentajia. M65 E:n mukaan asuinkiinteistöjen sisäverkon on muodostettava jokaisen jakamon suhteen tähtimäinen verkko. Jokaiselle kiinteistölle on asennettava talojakamo sekä tarpeellinen määrä ali- ja kerrosjakamoja. Lisäksi

kaikkiin asuinhuoneistoihin on asennettava kotijakamo. Kotijakamon asennuspinta-alan tulee uudistus- ja kunnostustöiden yhteydessä olla vähintään 0,12 m², sekä hyötysyvyyden vähintään 90 mm [3.]

Talo- ja alijakamoihin tulee asentaa potentiaalintasauskisko tai liitin, johon voidaan kytkeä tarvittavat potentiaalintasausjohtimet. Myös kotijakamoissa tulee olla potentiaalintasauskisko, tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yhdistelmäkeskuksissa keskuksen rungon johtavaa rakennetta. [3.]

Sisäverkkojen laitetiloihin ja kytkentätiloihin pääsy on estettävä asiattomilta henkilöiltä. Yleisissä tiloissa sijaitsevat laite- ja kytkentätilat on lukittava yksilölliseen avaimeen perustuvalla lukituksella. Reitti talojakamolle on järjestettävä niin, että kiinteistöön viestintäpalveluja toimittavien yritysten ja urakoitsijoiden henkilökunta pääsee tarpeen vaatiessa viivytyksettä tiloihin. [3.] Yleensä tämä on järjestetty ns. ”reittiavaimella”, joka sopii sähkö- ja teletiloihin vievien ovien lukkoihin.

Talojakamoihin tulee asentaa vähintään neljä kiinteästi asennettua pistorasiaa, joiden ylivirtasuojan mitoitusvirta on vähintään 10 A. [3.]

2.2.1 Yleiskaapeloinnin vaatimukset

Jokaiselle alijakamolle tulee asentaa kategorian 6 mukainen parikaapelointi sekä vähintään kuusi optista yksimuotokuitua talojakamolta. Nousukaapelointi asuinhuoneistoihin toteutetaan vähintään yhdellä kategorian 6 parikaapelilla sekä neljällä optisella yksimuotokuidulla. Parikaapelointia ei ole pakko rakentaa, mikäli kiinteistölle on todennetusti saatavilla kuitu kotiin -liittymiä. [3.]

Uudistettaessa kotikaapelointia tulee vähintään yhteen asuinhuoneeseen asentaa vähintään kaksi kategorian 6 parikaapelia, jotka päätetään tietoliikennesasiaan. Tästä voidaan kuitenkin poiketa, mikäli osakkeenomistaja nimenomaisesti pyytää. [3.]

2.2.2 Antenniverkon vaatimukset

Antenniverkoissa runkokaapelointi toteutetaan samalla periaatteella kuin yleiskaapelointi. Jokaisesta koti- ja kerrosjakamosta asennetaan oma koaksiaalikaapelinsa talojakamolle. Mahdollista on myös toteuttaa talojakamon ja eri rakennuksessa sijaitsevan alijakamon välinen kaapelointi vähintään yhdellä koaksiaalikaapelilla ja kuudella optisella yksimuotokuidulla. Samaa tapaa voidaan käyttää myös kaapeloitaessa samassa rakennuksessa sijaitsevien jakamoiden väliä. Vaihtoehtona on myös käyttää vähintään kolmea koaksiaalikaapelia jakamoiden välillä. [3.]

Kotikaapelointia uudistettaessa jokaisessa huoneistossa tulee asentaa vähintään yhteen asuinhuoneeseen yksi antennirasia, joka kaapeloidaan asuinhuoneiston kotijakamolta. Toisin kuin yleiskaapeloinnilla, tästä ei voida poiketa osakkeenomistajan nimenomaisesta pyynnöstä. [3.]

Lisäksi kerroskaapelointi on suunniteltava sekä mitoitettava ja rakennettava niin, että kaapelointi on käyttötarkoituksen mukainen ja varautuu ennakoitavissa oleviin laajennustarpeisiin. Antenniverkon ja -järjestelmän passiivisten rakenneosien on tuettava taajuusaluetta 5–1218 MHz. [3.]

3 VANHOISSA ASENNUKSISSA ESIINTYVÄT TOTEUTUSTAVAT

Vanhoissa asennuksissa voi kohdata monia erilaisia toteutustapoja riippuen asennusten rakennusajankohdasta. Sota-aikana materiaalipula johti mm. vanerisilla taustalevyillä rakennettujen mittaritaulujen käyttöön. Myös sulakkeiden määrä oli pienissä asunnoissa rajallinen taloudellisista syistä. Ei ole lainkaan poikkeuksellista kohdata ryhmäkeskusta, jossa koko asunnon sähköasennukset ovat vain yhden sulakkeen takana. Kaapeleiden eristemateriaaleissa on myös sota-aikaan säästetty ja silloin on käytetty paperi- ja massaeristeisiä kaapeleita sekä johtimia. Myös lyijyvaippaiset johdot olivat käytössä. [4.]

3.1 Käytetyt kaapelit

Yleisesti ottaen käytössä oli putkilankaa, kumilyijykaapelia, lyijyvaippajohtoa sekä paperi- ja öljypaperieristeisiä kaapeleita. Nousujohtoina käytettiin usein kumi-, paperi- sekä massaeristeisiä johtimia, jotka oli vedetty putkeen. [4.]

3.2 Käytetyt tunnusvärit johtimilla

Eri aikakausina on käytetty erilaisia tunnusvärejä johtimille. Vuosina 1930-1938 käytettiin yleisesti seuraavia tunnusvärejä kiskostoissa:

- L1 = keltainen
- L2 = vihreä
- L3 = violetti
- N = vaaleanharmaa

sekä seuraavia tunnusvärejä johtojärjestelmissä:

- N = vaaleanharmaa
- L1 = musta
- L2 = punainen
- L3 = sininen

1938-luvulla julkaistussa käsikirjassa nro 5 annettiin lisäohjeita johtimien tunnusväreistä. Maadoitettavan laitteen ja nollajohtimen välisenä johtimena tulisi jatkossa käyttää punaista johdinta. Jatkossa myös nollajohdin oli merkittävä eri värisellä suojasukalla kuin vaihejohdot.

Vuonna 1952 julkaistussa käsikirjassa A1 muutettiin jälleen johtimien tunnusvärejä. Tällä kertaa ei puututtu nolla- ja suojajohdinten tunnusväreihin, mutta markkinoille tuotiin 5-johdinkaapelit. 5-johdinkaapeleissa vakioitiin vaihejohtimien tunnusväreiksi musta-sininen-musta tai jokin muu väri kuin punainen tai harmaa.

1954 luvulla ML- ja MK-tyyppiset johtimet hyväksyttiin käyttöön. Vuonna 1956 tuli käyttöön MMJ. 1957-luvulla julkaistussa painoksessa A1-57 suositeltiin jatkossa käytettäväksi seuraavia tunnusvärejä:

- L1 = keltainen
- L2 = vihreä
- L3 = sinipunainen (violetti)
- N = valkoinen tai vaaleanharmaa
- PE = musta

1959-luvulla tuli käyttöön JM-putki, joka korvasi vanhojen panssari- ja eristysputkien käytön. 1965-luvulla käsikirjan painos A9-65:n myötä värisääntöjä muutettiin taas. Käsikirjan mukaan käytettävät tunnusvärit olivat seuraavat:

- N = harmaa tai valkoinen
- PE = punainen, keltavihreä tai paljas
- L1-L3 muun värisiä, esimerkiksi mustia. Tyypillistä oli, että vaihejohtimet muodostuivat kahdesta mustasta ja yhdestä sinisestä johtimesta.
- 1972-luvulta eteenpäin L2-vaiheen tunnusväriksi vakioitui ruskea väri.

Vuonna 1974 julkaistu A1-74 määritteli, että jatkossa kaapelissa voidaan nollaa tai suojajohdinta käyttää vaihejohtimena, jos niitä ei tarvittu. Myös suojajohtimen väri vakioitui keltavihreäraitaiseksi, eikä tämän väristä johdinta saanut käyttää

muuhun tarkoitukseen. Nollajohtimena oli käytettävä jatkossa vaaleansinistä johdinta.

Vuonna 1989 julkaistu A1-89 toi mukanaan uudistuksia, kun uudeksi käsitteeksi muodostui PEN-johdin. PEN-johdin oli keltavihreä johdin, joka merkittiin vaaleansinisellä lisämerkillä, sekä suositeltiin lisätekstiä ”PEN”. Noin vuonna 1990 eräs kotimainen valmistaja sovelsi standardin värisääntöjä siten, että mustaan tai ruskeaan vaihejohtimeen tehtiin niin kapea valkoinen raita, ettei sitä tulkittu väriksi. Tämä helpotti tähän asti käytössä olleiden vaihejohtimien tunnistamista. 1990–2000 lukujen välillä johdinten tunnusvärit vakioituivat seuraavasti:

- L1 = musta
- L2 = ruskea
- L3 = musta valkoisella raidalla, vuodesta 2000 eteenpäin valkea
- N = vaalean sininen, vuodesta 2000 eteenpäin sininen
- PE = keltavihreä

Vuodesta 2002 alkaen on siirrytty nykyiseen tunnusvärijärjestelmään, joka on seuraava:

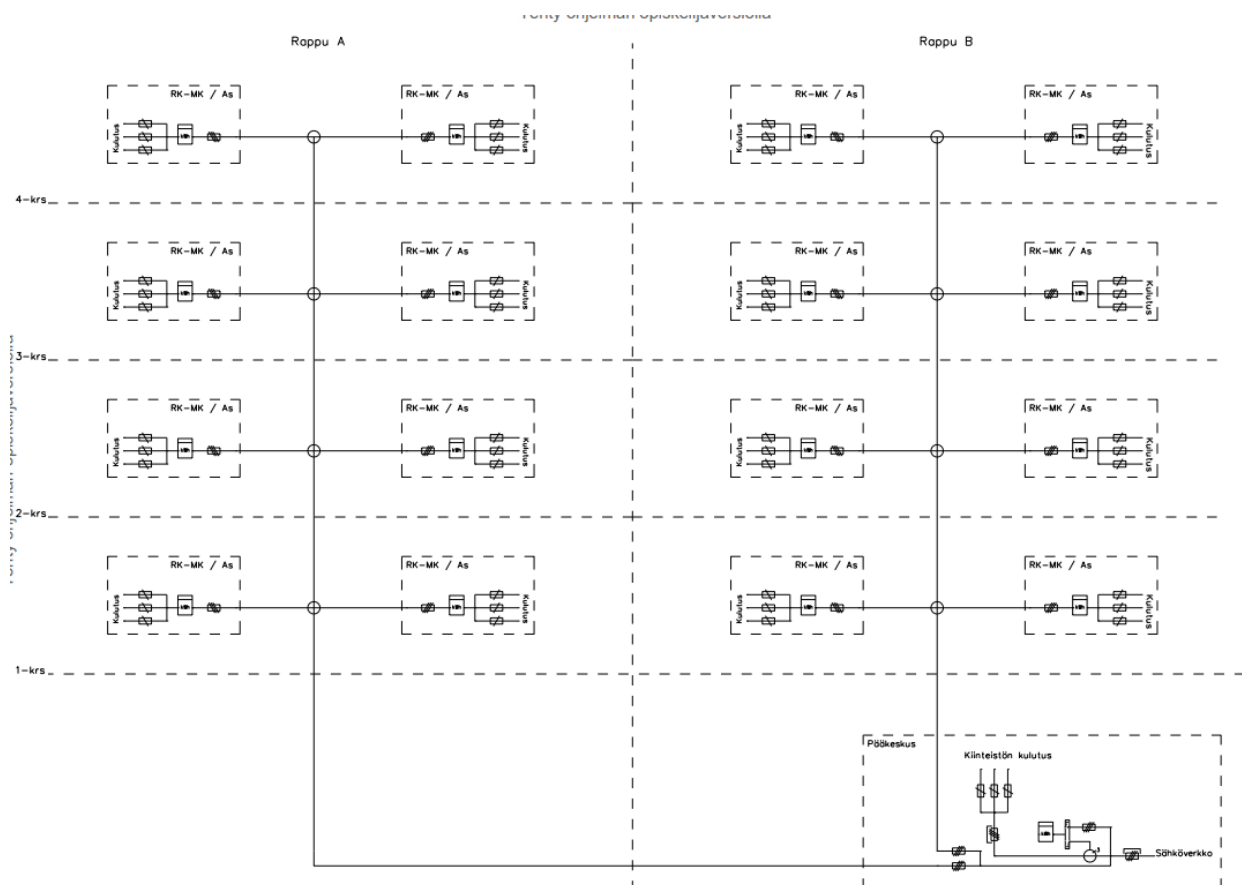
- L1 = ruskea
- L2 = musta
- L3 = harmaa
- N = sininen
- PE = keltavihreä

[5.]

3.3 Kiinteistön sisäisen sähköverkon rakenne

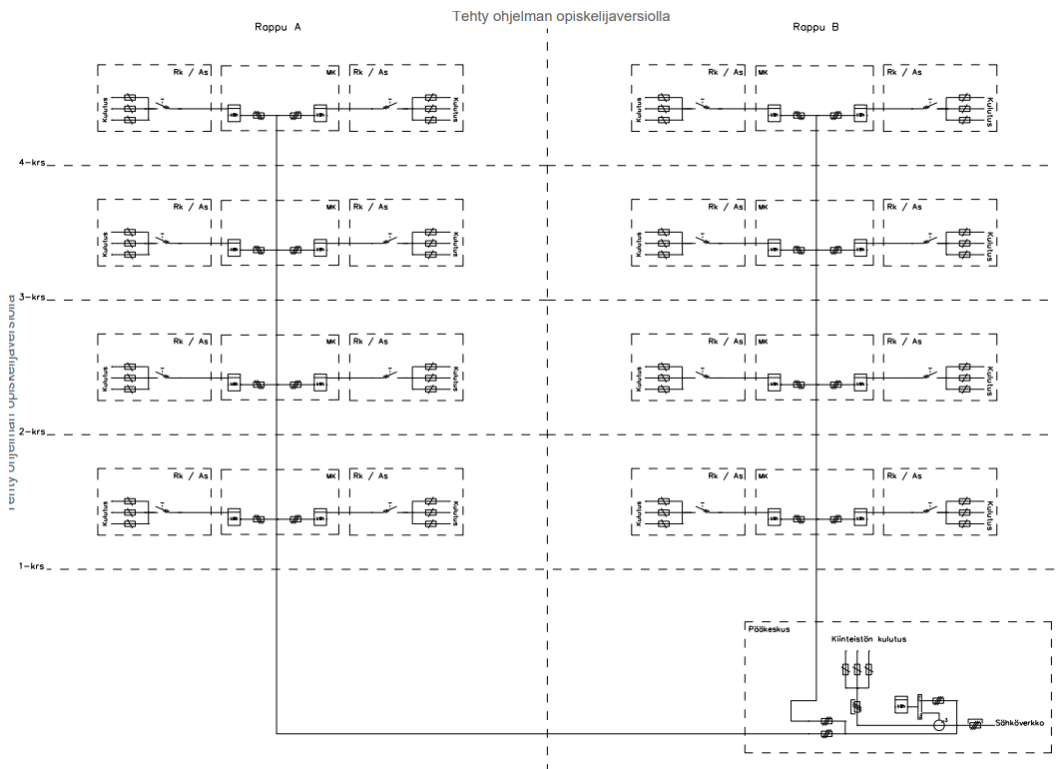
Kerrostaloyhtiöissä sähkönjakelu asuntoihin on tehty eri tavalla eri aikakausina. Sähköasennus Pohjanmaa Oy:n suorittamien saneerausten yhteydessä on kohdattu useimmiten kolmea erilaista toteutustapaa. Yleensä kaikista vanhimmissa kohteissa vastaan on tullut kuvan 1 mukainen rakenne.

Kuvan 1. mukaisesti toteutetun verkon nousujohtot ovat tyypillisesti vanhoja paperi- tai massaeristettyjä kuparijohtimia, jotka on vedetty putkeen. Sähkö jaetaan huoneistoihin ”puumaisesti”. Nousujohtoja on vain yksi rappua kohden ja siitä haaroitetaan kerroksittain pistot asuntojen keskuksille. Asuntojen keskuksat ovat mittauskeskuksia.



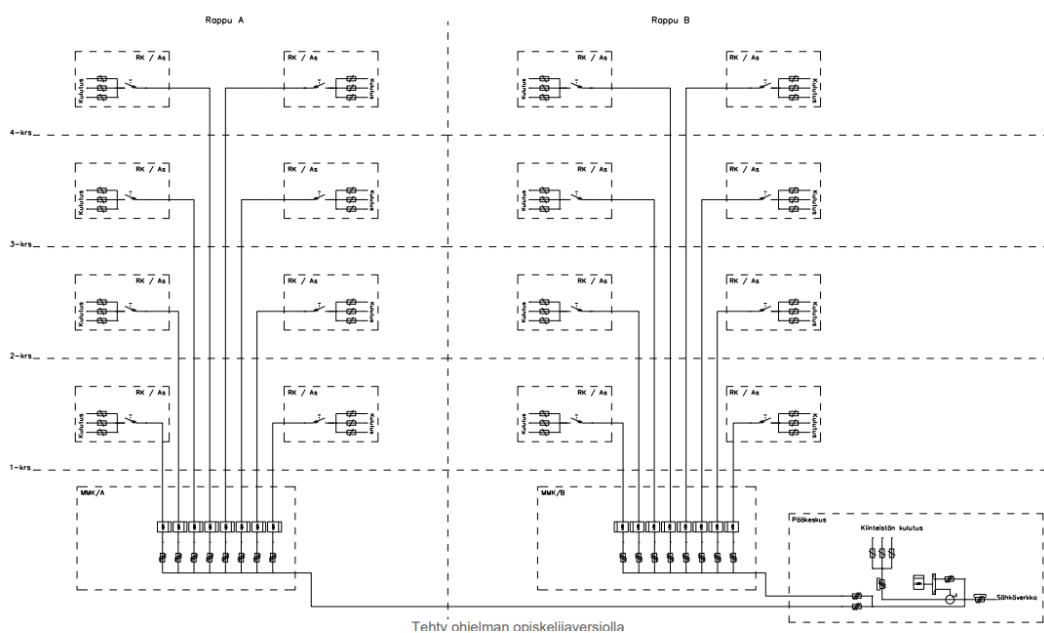
Kuva 1 ”Puumainen” nousujohtotus asuntokohtaisilla mittarikeskuksilla

Kuvan 2. mukaisesti toteutetussa jakelujärjestelmässä on jokaiselle kerrostasanteelle asennettu mittauskeskus, jossa sijaitsee kyseisessä kerroksessa sijaitsevien asuntojen mittarit sekä pääsulakkeet.



Kuva 2 "Puumainen" nousujohdotus kerroskohtaisilla mittauskeskuksilla

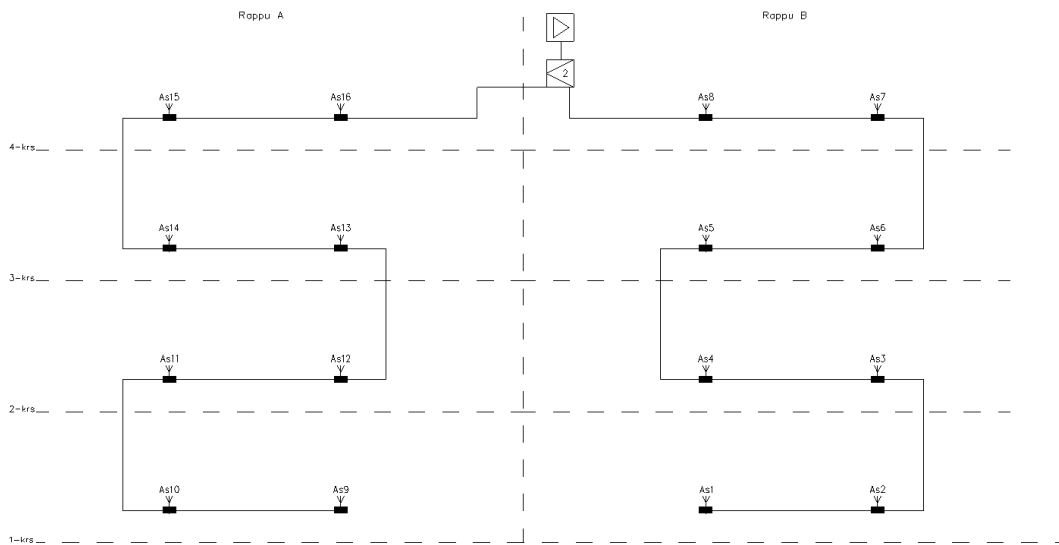
Kuvassa 3. esitetyssä jakelujärjestelmässä on rappukohtaiset monimittarikeskukset, joissa sijaitsevat asuntojen mittarit sekä pääsulakkeet. Jakelu huoneistoihin on tähtimäinen. Tämä tapa on näistä kolmesta nykyaikaisin, sekä yleensä helpoin saneerata.



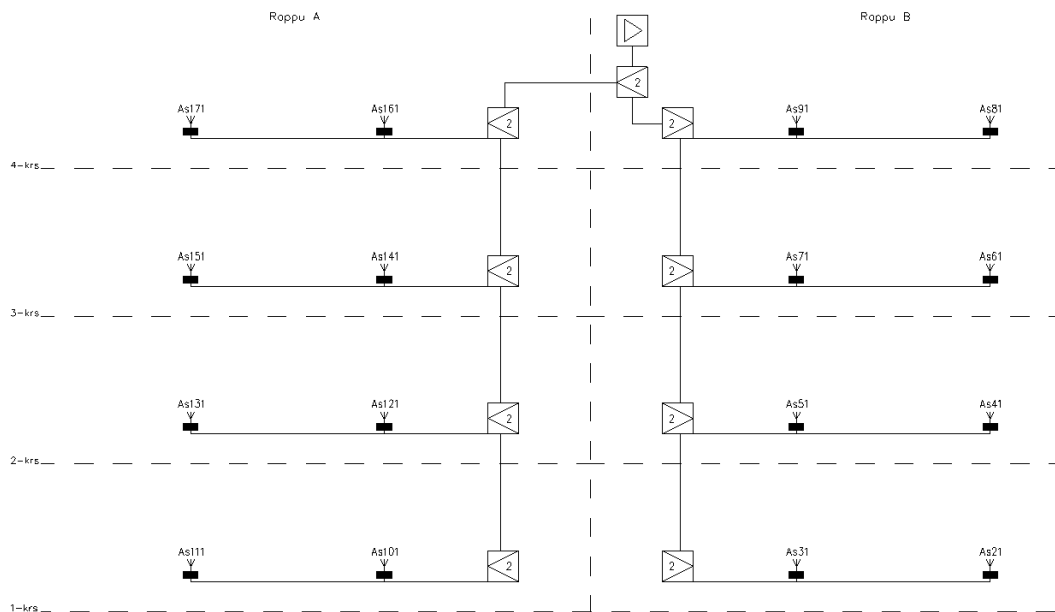
Kuva 3 Tähtimäinen nousujohdotus rappukohtaisilla monimittarikeskuksilla

3.4 Tieto- ja viestintäverkkojen rakenne

Vanhat antenniverkot on Sähköasennus Pohjanmaa Oy:n kohteissa tyypillisesti toteutettu kahdella eri tyylillä. Molemmilla tavoilla toteutettuna asuntojen antenniasiat ovat olleet ketjutettuna. Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen kerrostaloyhtiön antenniverkko. Tällaisessa toteutuksessa antennisignaali tulee joko katolla sijaitsevasta antennista tai kaapeli-tv-verkosta. Aiemman uudistuksen yhteydessä edellinen urakoitsija on yleensä jo asentanut väliin vahvistimen. Vahvistimen jälkeen antennijärjestelmän signaali kulkee jaottimen kautta, josta signaali jaetaan rappukohtaisesti. Rappujen asuntojen antennipisteet on ketjutettu keskenään.



Kuva 4 Ketjutettu antenniverkko



Kuva 5 "Puumainen" antenniverkko

Kuvassa 5. on esitetty toinen vastaan tullut antennijärjestelmän rakenne. Verkko on toteutettu "puumaisella" rakenteella, jossa on kerroskohtaisesti otettu haara runkokaapeloinnista, joka sitten ketjutetaan kerroksen asuntojen antennipisteille.

4 OLEMASSA OLEVIEN JÄRJESTELMIEN ONGELMAKOHDAT

Vanhoja asennuksia saneerattaessa ei kaikki aina mene kuten voisi olettaa. Jotta saneerauksia voi suunnitella ja tehdä, on hyvä tuntea taustat ja ymmärtää syy-seuraussuhteet eri järjestelmissä. Kun on riittävä ymmärrys vanhoista asennuskäytännöistä sekä mahdollisista asennusten lomassa esiintyvistä ongelmista, pystyy sekä suunnitelmissa että itse asennustyössä kiinnittämään huomiota kohteen tarpeiden kannalta tärkeisiin seikkoihin.

4.1 Kaapeleiden sekä johdinten ja johtoteiden osalta huomioitavat asiat

Vanhoissa kaapeleissa käytetyt johdineristeet hapertuvat ajan saatossa ja näin ollen myös eristysresistanssi pienenee. Tämä aiheuttaa todellisen paloturvallisuusriskin. Lisäksi vanhojen kaapeleiden johdineristeet saattavat herkästi murentua niitä käsiteltäessä, mistä seuraa usein tarve uusia koko kaapeli. [4.] Vanhoja asennuksia korjatessa on myös syytä kiinnittää huomiota johdinväreihin. Eri aikakausina on käytetty punaista väriä sekä vaihe- että maadoitusjohtimena, minkä seurauksena kokematon asentaja saattaa tietämättään kytkeä maadoitusjohtimeen vaiheen, aiheuttaen vaaraa ihmisille. Myös mustaa johdinväriä on käytetty maadoitus sekä vaihejohtimena.

Lisäksi tulee arvioida olemassa olevan putkituksen soveltuvuutta uusien johdinten asennukseen. Vanhat putket ovat eri kokoisia kuin nykyaikana käytettävät asennusputket. Lisäksi vanhat putkilinjat saattavat kulkea erikoisia reittejä.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää myös olemassa olevien putkien tyyppiin. Ennen muoviputkien yleistymistä on yleisesti käytetty sähköasennusputkena ns. Bergmanin putkea, joka sisältää kreosoottia. Kreosootti sisältää ihmisen terveydelle haitallisia PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteet on luokiteltu syöpää aiheuttaviksi aineiksi työministeriön päätöksessä 838/1993. [6.] Bergmanin putki on pikieristeinen ja

sinkkipäällysteinen. Mikäli kyseisiä putkia joudutaan purkamaan tai vetämään niihin uusia johtimia, tulee kreosootilta suojautuakseen käyttää kertakäyttöisiä työvaatteita ja hengityksen suojainta, joka suojaa hiukkasilta ja kaasuilta. [7.]

4.2 Sähkönjakelujärjestelmän osalta huomioitavat asiat

Kuvassa 1. esitetyn kaltaisissa toteutuksissa on ongelmallista se, että ennen vanhaan on sähkötehon tarve ollut paljon pienempi kuin nykypäivänä. Asuntokohtainen jakelu onkin lähes poikkeuksetta 1-vaiheinen. Lisäksi nykypäivän kulutukseen nähden alimitoitettut sulakkeet sekä kaapelit ovat kovilla kulutuksen lisääntyessä. Kun jakelu on toteutettu kuvan 1. mukaisella puumaisella tavalla, nousujohdon sulakkeen palaessa häviävät sähköt kaikilta kyseisen rapun asunnoilta. Mikäli jakelujärjestelmä haluttaisiin uusia käyttäen vanhoja asennusreittejä, tulisi siitä todella hankalaa. Vanhat putket ovat halkaisijaltaan niin pieniä, ettei niihin mahtuisi vetämään uusia johtimia, jotka olisivat poikkipinnaltaan riittäviä kasvaneen tehon aiheuttaman kuormitusvirran kannalta. Lisäksi johtimia tulisi mahtua moninkertainen määrä verrattuna vanhaan jakelutapaan.

4.3 Tieto- ja viestintäjärjestelmien osalta huomioitavat asiat

Ketjutetun antennijärjestelmän osalta ongelmaksi muodostuu ketjutettujen antennirasioiden aiheuttama suuri vaimennus. Lisäksi ketjutettu antennijärjestelmä on todella altis vioille. Esimerkiksi tilanteessa, jossa antennisignaali tulee katolta ja kiertää kuvan 4. mukaisesti antennirasialta toiselle asuntojen välillä, ”tee-se-itse” -miehen suorittaessa antenniremonttia ylimmän kerroksen asunnossaan saattaa kaikilta alemman kerroksen asunnoilta hävitä antennisignaali täysin esimerkiksi virhekytkennän tai väärän asennuskalusteen myötä.

Todella vanhoissa ja uudistamattomissa antenniverkoissa passiivisten komponenttien, kuten jaottimien sekä haaroittimien taajuusalue saattaa olla vain 47–240

MHz. Lisäksi vuoteen 1975 asti on antenniverkkoihin yleisesti asennettu ominaisimpedanssiltaan 60Ω kaapeleita. Nykyisin käytössä olevien antennikaapeleiden ominaisimpedanssi on 75Ω . [8.]

5 KUNTOTUTKIMUKSET

Kuntotutkimuksen suorittamiseen ryhdyttäessä tulee muistaa asukkaiden tarpeet. Jos tutkimuksen suorittamiseksi tarvitsee tehdä toimenpiteitä, jotka vaikuttavat asukkaan tieto- ja viestintäjärjestelmien tai sähkönjakelun normaaliin toimintaan, olisi näistä toimenpiteistä hyvä tiedottaa etukäteen. Nykyisin, kun etätyöskentely on lisääntynyt, voi odottamaton katkos tieto-, viestintä- ja sähköjärjestelmien normaaliin toimintaan häiritä erityisen paljon esimerkiksi etäkokoukseen osallistuvaa asukasta. Kun häiriöistä ilmoitetaan etukäteen, pystyy asukas varautumaan häiriöön ja esimerkiksi osallistumaan kokoukseen toisaalla. Perinteinen ja helppo tapa tiedottamiselle on laatia tiedote, joka jaetaan asukkaiden postilaatikoihin. Tiedotteessa on hyvä ilmoittaa myös häiriön arvioitu kesto sekä huomioida myös ruotsinkieliset asukkaat. Kuntotutkimuksen avulla voidaan selvittää olemassa olevat vauriot sekä niiden syyt ja vaikutukset. Kuntotutkimuksen avulla voidaan myös enustaa tulevaisuudessa syntyviä vaurioita ennen kuin niitä on vielä olemassa. [9.]

5.1 Tieto- ja viestintäjärjestelmien kartoitus

Suunnittelu pohjautuu aina tilaajan tarpeeseen. Kun tilaaja kokee tarpeelliseksi sisäverkon uudistamisen, on järkevää suorittaa verkolle ensin kuntotutkimus. Tilaajan tarve verkon uudistamiselle voi syntyä hänen omasta mielipiteestään, Liikenne- ja viestintäviraston määräyksen 65 mukaisista vaatimuksista tai kiinteistön merkittävän peruskorjaushankkeen ajankohtaisuudesta. Laki sähköisen viestinnän palveluista edellyttää, että merkittävän peruskorjaushankkeen yhteydessä tulee sisäverkko uudistaa, mikäli se ei tue vähintään 30 Mbit/s yhteisnopeutta. [10.]

Kuntotutkimus aloitetaan lähtötietojen kartoituksella. Tässä kohtaa tutkitaan sisäverkon kaapeloinnin asiakirjoja, korjaus- ja ylläpitohistoriaa, aikaisemmin tehtyjä kuntoarvioita tai -tutkimuksia sekä suoritetaan käyttäjä- ja asukaskyselyt. Lähtötietojen kartoituksen jälkeen sovitaan tilaajan kanssa kuntotutkimuksen laajuus. [10.]

5.1.1 Kuntoluokitukset

Kun laajuudesta on sovittu, voidaan aloittaa itse tutkimus. Tutkimuksen perusteella annetaan sisäverkolle ja jakamotiloille kuntoluokitus. Luokitukset ovat seuraavat:

- Luokittelematon
 - Verkko on toteutettu vanhemmilla kaapelityypeillä, kuten MHS, VMOHBU, VMHBU tai VMOPU, eikä verkon laajakaistaisuutta ole mitattu
 - verkon laajakaistaisuuden mittausten tulokset osoittavat alle 1 Mbit/s nopeutta verkosta asiakkaan suuntaan.
- Luokka 1
 - Puhelinsisäverkko, joka ei täytä määräyksen 65 mukaista 30 Mbit/s nopeusvaatimusta.
 - Verkko on toteutettu vanhemmilla kaapelityypeillä, sen nopeus on yli 1 Mbit/s, mutta kuitenkin alle 30 Mbit/s ja nopeus on mitattu
 - Talojakamosta huoneistoon on vähintään yksi toimintakykyinen pari
 - Talojakamossa on yksi tai useampi seuraavista puutteista:
 - kytkentäteknikka on puutteellinen (ruuviliitinrimojen kunto huono)
 - tilat ovat ahtaat sekä huonokuntoiset
 - dokumentointi on puutteellinen
 - sähköistys, potentiaalintasais ja maadoitus ovat puutteellisia
 - lukitus on puutteellinen
 - ilmanvaihto on huono
- Luokka 2
 - Puhelinsisäverkko täyttää määräyksen 65 mukaisen 30 Mbit/s nopeusvaatimuksen.

- Verkko on toteutettu vanhemmilla kaapelityypeillä ja se täyttää 30 Mbit/s vaatimuksen.
- Talojakamosta jokaiseen huoneistoon on vähintään yksi toimintakykyinen pari.
- Talojakamossa on yksi tai useampi puutteista, jotka on esitetty luokan 1 talojakamoa koskeissa puutteissa.
- Luokka 3
 - Yleiskaapelointijärjestelmän nousukaapelointi täyttää vähintään määräyksen 65 luokan D vaatimukset ja jonka aluekaapelointi (mikäli on olemassa) tukee nousukaapeleiden mahdollistamaa 100 Mbit/s nopeutta. Verkossa ei ole optisia molemmista päistään päätettyjä OS2-kuidulla toteutettuja nousukaapeleita, mutta johtotievaraus voi olla. Aluekaapelointien toteutus on tehty vähintään kategorian 5 komponenteilla tai optisiin liittimiin päätetyillä yksi- tai monimuotokuiduilla. Kotijakamoa ja kotikaapelointia ei asuinhuoneistoissa ole, tai kotikaapelointi on todella suppea.
 - Talo- ja alijakamot täyttävät seuraavat vaatimukset:
 - optisilla ja parikaapeloinneilla on asianmukaiset päätepaneelit.
 - tilat ovat riittävät yleiskaapeloinnin sekä antennijärjestelmän tarpeisiin ja ne ovat siistissä kunnossa.
 - dokumentointi on ajan tasalla, helposti käytettävissä ja ylläpidettävissä.
 - sähköistys sekä potentiaalintasaukset ovat kunnossa.
 - lukitus on toteutettu Liikenne- ja viestintäviraston suosituksen 306 mukaisesti.
 - ilmanvaihto on riittävä nykyiseen tarpeeseen.
- Luokka 4 (tavoiteltava luokitustaso)
 - Sisäverkko, joka täyttää määräyksessä 65 esitetyt vaatimukset. Uudistettaessa on kaksi vaihtoehtoa:

- Vaihtoehto 1. kiinteistöön rakennetaan vain määräyksen 65 mukainen optinen runkokaapelointi. Vanha puhelinverkko voidaan jättää käyttöön. Huoneistoihin asennetaan kotijakamot sekä kotikaapelointi. Vaihtoehdon edellytyksenä on kuitenkin, että kiinteistössä asuville tilaajille on todenneusti saatavilla kuitu kotiin -liittymiä palveluineen.
- Vaihtoehto 2. Kiinteistöön rakennetaan määräyksen 65 mukainen runkoverkko optisilla ja parikaapeleilla. Huoneistoihin asennetaan kotijakamot ja kotikaapelointi.

[10.]

5.1.2 Jakamo- ja teletilojen kuntotutkimukset

Sisäverkon teletiloiksi katsotaan kaikki jakamot, telelaittehuoneet ja vaihdehuoneet, nousukomerot, nousurasiat sekä jakorasiat. Näistä selvitetään aistinvaraisesti ovatko tilat riittävät ja tarkoituksenmukaiset, ovatko ne hyvässä kunnossa, onko ovet ja kannet kunnossa, siisteyden taso sekä lukitus. Lisäksi selvitetään myös talojakamoon tulevien liityntäverkon kaapeleiden tyypit, niiden pari- ja kuitumäärät sekä mikä taho tai tahot kyseiset kaapelit omistavat. Selvitetään myös kiinteistöön nykyisellään saatavilla olevat laajakaistatyypit, niiden mahdollistamat nopeudet, sekä tällaisia liittymiä tarjoavat teleyritykset. [10.]

5.2 Sähkötekniisten järjestelmien kartoitus

Sähkötekniisten järjestelmien kartoitus tehdään samaan tapaan kuin tieto- ja viestintäjärjestelmienkin. Kuntotutkimuksen yhteydessä arvioidaan laitteiston jäljellä olevaa käyttöikä, sekä laaditaan toimenpide-ehdotus ja kustannusarvio korjauksille. Kuntotutkimukseen lähdetessä on hyvä laatia tutkimuksista sopimus tilaajan kanssa. Sopimuksen avulla kaikille osapuolille on selvää, mitä ollaan tekemässä. Kun laajuudesta on sovittu, aloitetaan tutkimustyö hankkimalla lähtötiedot

sekä tutustumalla niihin. [9.] Lähtötiedot voivat olla esimerkiksi olemassa olevat piirustukset kohteesta. Kuntoa voidaan arvioida eri menetelmillä, sekä eri mittareilla. Kuntoa arvioidaan joko aistinvaraisesti tai tarvittavin mittauksin. Kunnan arvioinnissa täytyy huomioida monia eri seikkoja. Huomiota tulee kiinnittää niin laitteen turvallisuuteen, kuin käytettävyyteen sekä elinkaareen ja toimivuuteen. On hyvä huomioida myös tulevaisuuden tarpeet sekä varaosien saatavuus. [9.]

5.2.1 Asennus- ja apujärjestelmät

Asennus- ja apujärjestelmiin lukeutuvat kaapelihylly-, johtokanava-, lattiakanava- ja ripustusjärjestelmät. Kaapelihylly- ja ripustusjärjestelmistä käydään läpi niiden kiinnitykset, mahdolliset vauriot, kiinnitysvälit sekä potentiaalintasaus johtavilla osilla. Huomioidaan myös johtoteiden käytettävyys, eli onko johtotielle mahdollista jälkiasentaa kaapeleita. Lattiakanavoiden siisteys ja niihin asennettujen kaapeleiden kunto tarkastetaan aistinvaraisesti. [11.]

5.2.2 Sähköenergian liittäminen

Sähköliittymästä selvitetään joko olemassa olevien dokumenttien tai aistinvaraisen tarkastuksen perusteella liittymäjohdon ikä, tyyppi ja rakenne. Raportoidaan myös vauriot, jatkot sekä liitosten kunto. Mitataan myös oikosulkuvirta pääkeskukselta ja arvioidaan sen riittävyyttä suojalaitteiden toimivuuden kannalta. Tulevaisuutta ajatellen sekä kokonaiskuvan muodostamiseksi on järkevää pyytää sähkönjakeluyhtiöltä tuntitehotiedot, jotta voidaan arvioida sulakkeiden riittävyyttä nykyiselle kuormitukselle sekä sähköajoneuvon latauspistevalmiudelle. [12.]

5.2.3 Pääjakelujärjestelmä

Pääjakelujärjestelmään kuuluvat käyttöalueille sähköenergian jakamiseksi tarvittavat jakolaitteet, kuten keskuksat ja nousujohdot. Jako- ja mittauskeskuksilta mitataan pääkeskuksen tavoin oikosulkuvirrat ja tarkistetaan suojalaitteiden toiminta. Aistinvaraisesti tutkitaan myös nousujohtojen kunto ja raportoidaan niiden

ikä ja tyyppi. Jos on syytä epäillä eristeaurioita tai niitä on havaittu aistinvaraisessa tarkastuksessa, mitataan eristysresistanssi. Liitosten kunto voidaan tarkastaa lämpökameran avulla. [12.]

5.2.4 Laitteiden ja laitteistojen sähköistys

Laitteiden ja laitteistojen sähköistystä tutkittaessa voidaan aloittaa tutkimalla niiden asennusolosuhteita. Remonttien yhteydessä on saatettu esimerkiksi aiemmin kuivaksi tilaksi luokiteltu tila muuttua kosteaksi tilaksi ja näin ollen kuivaan tilaan tarkoitettu laite ei ole sopiva kosteaksi tilaksi käytettäväksi. Huomiota on kiinnitettävä myös suojausluokan 0 laitteisiin ja niiden etäisyyksiin johtavista osista. Lisäksi todetaan laitteiden kunto aistinvaraisesti tarkastelemalla ja tarvittaessa mittauksilla. Poikkeuksellisen kova ääni laitteen käyttötilanteessa raportoidaan. [13.]

5.2.5 Pistorasiat

Pistorasioiden osalta tutkitaan johtojen sekä pistorasioiden kunto ja kuormitettavuus. Kuntoa voidaan taas arvioida aistinvaraisesti sekä tarvittaessa mittauksin. Pistorasioita tarkastaessa kiinnitetään huomiota myös asennusolosuhteisiin sekä vikasuojaukseen ja lisäsuojauksen tarpeeseen. Muistetaan tarkastaa myös suojausluokan 0 pistorasioiden suojaetäisyydet johtaviin osiin. [14.]

5.2.6 Sisävalaistus

Valaistusta tarkasteltaessa kiinnitetään huomiota erityisesti valon riittävyyteen tilan käyttötarkoituksen kannalta. Valaistuksen riittävyyttä voidaan arvioida aistinvaraisesti, käyttäjäkyselyillä sekä mittaamalla valon määrää luksimittarilla. Valaistus on tärkeä osa rakennuksen sähköjärjestelmiä. Riittävä valon määrä esimerkiksi porraskäytävissä on jo turvallisuuteenkin vaikuttava seikka. Riittävä valaistus lisää myös käyttömukavuutta. Monesti valaistus on myös ulkonäkö- ja esteettisyysasia tilaajan kannalta. Tarkastuksessa kiinnitetään luonnollisesti huomiota myös valaisimien fyysiseen kuntoon ja energiatehokkuuteen. [15.]

Mitattaessa valon määrää luksimittarilla, voidaan valon määrää verrata taulukon 1. mukaisiin arvoihin.

Asuinrakentaminen	Valaistusvoimakkuus E/lx	Värintoistoindeksi Ra
asuinhuoneet	-	
käytävät ja kulkualueet	100	40
portaat	100	40
katoksella varustetut sisäänkäynnit	30	-
hissien edessä oleva alue	200	40

Taulukko 1. SFS-EN 12464-1:2021 mukaiset valaistusvaatimukset

Mitattaessa valon määrää mitataan se aina ns. käyttötasolta. Esimerkiksi käytävillä käyttötasona on lattiataso. Työpisteillä käyttötaso olisi esimerkiksi työtason korkeus. [15.]

5.2.7 Ulkovalaistus

Ulkovalaistusta voidaan arvioida samaan tapaan kuin sisävalaistustakin: tutkitaan sekä valon riittävyys että valaisimien ja niiden mahdollisten pylväiden ja jalustojen fyysinen kunto. Käydään myös alueen käyttäjien kanssa läpi mahdollisten heittämien aiheuttama esto- ja kiusahäikäisy. [15] SFS-EN 12464-2 mukaisesti ulkovalaistuksen määrä pitäisi olla vähintään 5 luksia jalan kuljettavilla alueilla sekä vähintään 10 luksia maks. 10 km/h nopeudella liikkuvien ajoneuvojen alueella. Värintoistoindeksille Ra ei ole esitetty vaatimuksia, mutta häikäisyarvon tulisi olla molemmissa tapauksissa alle 50. Pysäköintialueille on esitetty valaistusvoimakkuudeksi 5 lux ja häikäisyarvolle 55.

6 SUUNNITTELU

Saneerauksissa sekä suunnittelu että toteutus ovat haastavampia kuin uudiskohdeissa. Kuitenkin hyvällä esityöllä ja suunnittelulla on suuri vaikutus projektin kulunkannalta. Suunnittelussa tulee tietää kulloisenkin rakennuksen nykyisten asennusten toteutustavat ja sijainnit sekä tuntea rakennuksessa käytetyt rakennusmateriaalit ja rakenteet.

Haastavaa saneerausten suunnittelusta ja toteutuksesta tekee vanhojen ja uusien asennusten sovittaminen keskenään, ja uusien määräysten soveltaminen. Olenaisiin haaste on löytää sopivat johtoreitit, jotta nousujohtot voitaisiin uudistaa, sekä nousujohtojen ja keskusten vaihtotöiden suunnittelemisen niin, että aiheutetaan mahdollisimman vähän haittaa asukkaille. Saneerauskohteissa on muistettava aina ottaa huomioon se, että toisin kuin uudiskohteissa, ihmiset asuvat siellä.

6.1 Johtoteiden suunnittelu

Johtoteiden suunnitteluun vaikuttavat erityisesti SFS6000-4-42:2022 kohdassa 422.2 esitetyt vaatimukset, sillä lähes poikkeuksetta johtoteitä on sijoitettava uloskäytävälle. Standardin mukaan uloskäytävälle ei saa rakentaa sellaisista tarvikkeista tai rakennusosista eikä uloskäytävään saa sijoittaa laitteita tai asennuksia, jotka lisäävät palokuormaa tavalla, jota ei voida pitää hyväksyttävänä, tai jotka savunmuodostuksensa takia vaarantavat henkilöturvallisuutta. Uloskäytävälle saa sijoittaa tilan käytössä tarpeellisia sähkölaitteita ilman erillistä suojausta. Jos uloskäytävillä kuitenkin täytyy viedä myös muita kaapeleita, jotka eivät ole uloskäytävillä tarvittavia, esimerkiksi asuntojen nousujohtoja, ne tulee suojata vähintään palonkestävyysluokan EI30 mukaisilla rakenteilla. EI30:n mukainen rakenne voi olla esimerkiksi rakennusurakoitsijan rakentama kotelointi tai esimerkiksi kuvan 6 mukainen valmis suojakotelointiratkaisu.



Kuva 6 Valmis suojakoteloratkaisu putkille (Kuva VM-kotelot Oy)

Johtoteinä voidaan käyttää myös tikas-, levy- ja lankahyllyjä, kun asennusta ei tehdä uloskäytävälle tai se kulkee esimerkiksi EI30 palonkestävyysluokan alaslasketun katon tai muun palonkestävyysluokan täyttävän rakenteen sisällä.

Kaapelihyllyjen mitoitus on tehtävä tarkasti, että kaikki suunnitellut kaapelit mahduttavat kulkemaan siinä sekä tulevaisuuden lisäyksille on tilaa. Hyllyjen leveyden mitoitukseen on annettu ST-kortissa 51.13 nyrkkisäännöt; 20 mm hyllyleveyttä kuormittuvaa kaapelia kohden, sekä 5 mm muita kaapeleita kohden. [16.]

Esimerkiksi tilanteessa, jossa vedettäisiin 15 kpl asuntoja syöttäviä voimakaapeleita ja 30 kpl asuntoja syöttäviä heikkovirta kaapeleita, laskettaisiin hyllyn leveys seuraavasti:

$(15 \text{ kpl kuormittuvaa kaapelia} \times 20 \text{ mm/kpl}) + (30 \text{ kpl muita kaapeleita} \times 5 \text{ mm/kpl})$
 $= 300 \text{ mm} + 150 \text{ mm} = 450 \text{ mm}$. Tällöin valittaisiin 500 mm leveä kaapelihylly.

Nyrkkisäännön on todettu Sähköasennus Pohjanmaa Oy:n menneissä kohteissa pitävän hyvin paikkansa. Nyrkkisääntöä voidaan käyttää myös arvioitaessa koteloitien leveyksiä.

Lisäksi kaapelihyllyasennuksissa tulee huolehtia, ettei taipuma ylitä 1/200 näkyvillä olevilla hyllyillä sekä 1/100 piilossa olevilla hyllyillä. Käytännössä esimerkiksi taipuma 1/100 tarkoittaa, että 3 m kannakevälillä hyllyn taipuma ei saa ylittää 3m/100 eli 30 mm. Käytännössä taipumat pysyvät kurissa, kun noudatetaan kaapelihyllyvalmistajan ilmoittamia maksimikuormituksia ja kannakevälejä.

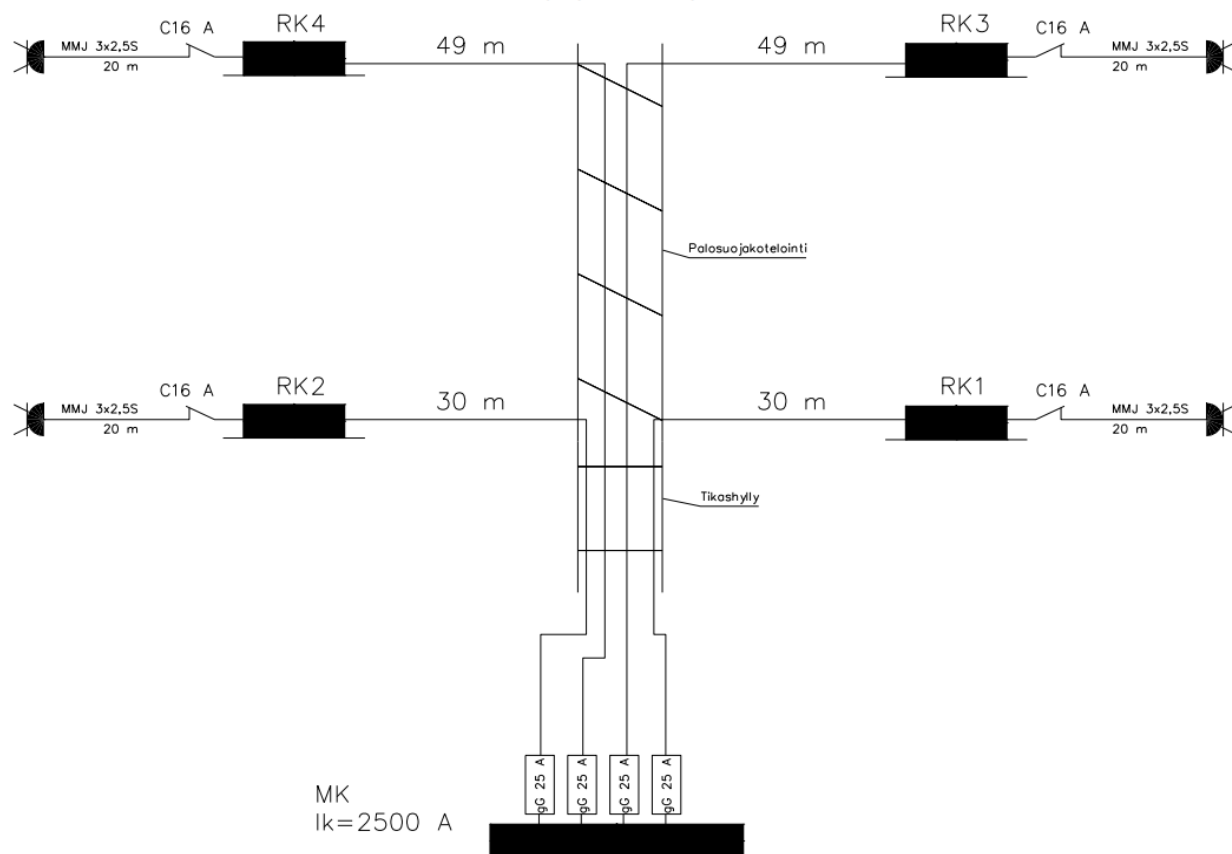
6.2 Ryhmäkeskuksia syöttävien nousujohtojen mitoitusprosessi

Nousujohtojen mitoitus riippuu sekä kaapelien asennusolosuhteista, suojalaitteen toimintavirrasta, syöttävän pään oikosulkuvirrasta sekä kaapelissa kulkevan virran määrästä.

Käytännössä nousujohtoa mitoittaessa täytyy ensimmäisenä tietää kaapelissa kulkeva virta tai aiottu sulakekoko. Yleensä kerrostaloyhtiön sähkösaneerauksessa asuntoja syöttävien nousujohtojen kuormitusvirrat ovat 10–20 A välillä. Normaalisti sulakkeet mitoitettaisiin kuormitusvirran mukaan, mutta koska yleisesti myynnissä oleva pienin liittymäkoko on 25 A, käytetään sulakkeena minimissään tätä. Erityispyynnöstä saattavat sähköverkkoyhtiöt toimittaa pienempiä kuin 25 A -liit-

tymiä. Nousujohtoja mitoittaessa voidaan käyttää poiskytkentäaikaana 5 s -vaatimuksia. [17]. Valittu sulakekoko määrää johtimilta vaaditun minimikuormitettavuuden sekä lähdön päässä vaikuttavan vähimmäisoikosulkuvirran.

6.2.1 Esimerkki nousujohtojen mitoittelusta



Kuva 7 Laskuesimerkki nousujohtojen mitoittelusta

Kuvassa 7 on esimerkki kerrostaloyhtiön rapun asuntojen nousujohdotuksista. Esimerkin nousujohdot mitoitetetaan niin, että asuntojen ryhmäjohtoilla täyttyvät nopean poiskytkennän (0,4 s) vaatimukset sekä nousujohdoilla 5 s -vaatimukset. Esimerkissä asuntojen nousujohdot lähtevät mittauskeskukselta, jonka oikosulkuvirta tunnetaan, ja asuntoja syöttävien nousujohtojen sulakkeet ovat nimellisvirraltaan 25 A gG tyyppisiä tulppasulakkeita. Nousujohdot viedään mittauskeskukselta tikashyllyä pitkin palosuojakotelolle, jota pitkin kaapelointi viedään asunto-

jen ryhmäkeskuksille. Tikashyllyllä ja palosuojakoteloinnin sisällä kaapeloinnit koskettavat toisiaan. Palosuojakoteloinnissa ilma ei pääse kunnolla vaihtumaan, joten sen sisällä olevan ilman lämpötilana pidetään 40°C. Tikashyllyosuudella voidaan pitää maksimissaan 30°C lämpötilaa normaalina. Johdinmateriaalina halutaan käyttää kuparia, sillä kuparijohdinkaapelit ovat poikkipinnaltaan pienempiä ja täten helpompia käsitellä kuin alumiinijohdinkaapelit. Poikkipinnaltaan kuparikaa-pelit ovat pienempiä, sillä kuparin kuormitettavuus neliömillimetriä kohden on pa-rempi kuin alumiinilla.

Mitoitus aloitetaan määrittelemällä vaatimukset. Koska asuntojen ryhmä johdotuksia suojaavat C-tyyppin 16 A:n nimellisvirtaiset johdonsuojakatkaisijat, täytyy johdotuksen lopussa olla vähintään 160 A oikosulkuvirtaa taulukon 2. mukaisesti.

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1 000
125	625	781,3	1 250	1 562,5

Taulukko 2 Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoilla (SFS6000-2022)

Ryhmäjohdotuksen pituus on 20 m ja johdinmateriaali on 2,5 mm² kuparia. 2,5mm² kuparijohtimen impedanssi on 1 km matkalla taulukon 3. mukaisesti 8,77 Ω.

Johtimien poikkipinta mm ²	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi	Reaktanssi	Impedanssi	Resistanssi	Reaktanssi	Impedanssi
	r	x	z	r	x	z
4 × 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 × 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 × 4	5,480	0,107	5,480			
4 × 6	3,660	0,100	3,660			
4 × 10	2,244	0,094	2,246			
4 × 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 × 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 × 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 × 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 × 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 × 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 × 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 × 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 × 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 × 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 × 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Taulukko 3 kaapeleiden likimääräisiä impedansseja. (SFS6000-2022)

Tästä voidaan laskea MMJ 3x2,5 S johdon aiheuttama impedanssi seuraavasti:

$$Z_{MMJ} = \frac{8,77 \Omega}{1000 m} * 2 * 20 m = 0,351 \Omega$$

Jotta C16 johdonsuojakatkaisija kykenee 0,4 s laukaisuun, on laskettava, mikä on pienin mahdollinen oikosulkuvirta, joka ryhmäkeskuksella täytyy vähintään olla.

Se voidaan laskea seuraavasti:

$$\frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} * \left(\frac{(0,95 * 400 V)}{(\sqrt{3} * 160 A)} - 0,351 \Omega \right)} = 215,05 A$$

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	-	-	175	218,8
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	-	-	425	531,3
100	-	-	580	725
125	-	-	715	893,8
160	-	-	950	1187,5
200	-	-	1250	1562,5
250	-	-	1650	2062,5
315	-	-	2200	2750
400	-	-	2840	3550
500	-	-	3800	4750
630	-	-	5100	6375

Taulukko 4 Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille (SFS6000-2022)

Taulukon 4 mukaan ryhmäkeskuksille laskettu pienin oikosulkuvirta riittää myös 25 A gG-sulakkeen 0,4 s sekä 5,0 s poiskytkentään, joten määrääväksi oikosulkuvirraksi jää tämä arvo. Seuraavaksi mitoitetaan ryhmäkeskuksia syöttävät nousujohtot.

Nousujohtojen mitoitus aloitetaan tarkastelemalla johdolta vaadittavaa kuormitettavuutta. Taulukossa 5 on esitetty johdoilta vaadittavat kuormitettavuudet eri kokoisilla gG-sulakkeilla.

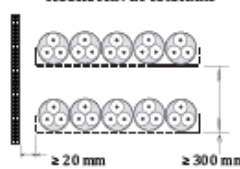
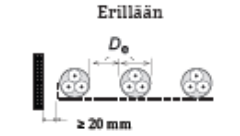
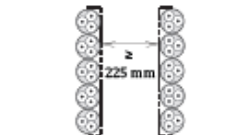
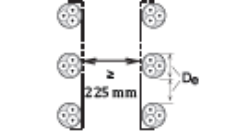
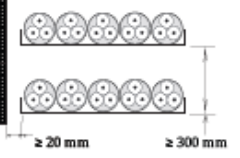
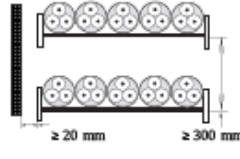
gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	Johdon sallittu kuormitus vähintään A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221

Taulukko 5 Pienimmät kuormitettavuudet gG-sulakkeiden syöttämällä johdoilla (SFS6000-2022)

Koska tiedetään, että ryhmäkeskuksia syöttävät sulakkeet ovat nimellisvirraltaan 25 A gG-tyyppisiä sulakkeita, täytyy taulukon 5 mukaisesti nousujohtojen kuormitettavuuden olla vähintään 28 A. Tämän jälkeen tarkastellaan eri asennustapojen aiheuttamia kuormituskertoimia.

6.2.2 Osuus 1. Tikashyllyasennus, jossa johdot koskettavat toisiaan sekä ilman lämpötila on 30°C.

Aloitetaan tarkastelemalla minkäläisen kuormituskertoimen vierellä kulkevat johdot aiheuttavat.

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

Taulukko 6 Kuormituskertoimet viereisille kaapeleille kaapelihyllyillä. (SFS6000-2022)

Taulukosta 6 löytyy korjauskertoimeksi k_1 arvo 0,8 tikashyllyasennukselle, jossa kulkee yhteensä neljä kaapelia kiinni toisissaan yhdellä hyllyllä. Seuraavaksi tarkistetaan, vaikuttaako ilman lämpötila korjauskertoimeen.

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

^a Korkeammilla ympäristön lämpötiloilla sovelletaan valmistajan antamia arvoja.

Taulukko 7 Korjauskertoimet ympäristön lämpötiloille (SFS6000-2022)

Taulukosta 7 voidaan todeta, ettei maksimissaan 30°C ilman lämpötila vaikuta korjauskertoimeen, riippumatta eristemateriaalista. Täten kerroin $k_2 = 1$.

Nyt kun on selvitetty ryhmyksestä ja ilman lämpötilasta aiheutuvat korjauskertoimet osuudelle 1, voidaan laskea kokonaiskorjauskertoimen K seuraavasti:

$$K = k_1 * k_2 = 0,8 * 1 = 0,8$$

Nyt voidaan laskea johdon minimikuormitettavuus, kun otetaan huomioon korjauskertoimien vaikutus. Kuten aiemmin on todettu, 25 A gG-sulakkeen syöttä-

mällä johdolla täytyy kuormitettavuutta olla vähintään 28 A, joten jotta korjauskertoimet voidaan ottaa huomioon, on jaettava tämä vähimmäiskuormitettavuudelle ilmoitettu arvo laskemallamme kokonaiskorjauskertoimella K.

$$I_z = \frac{28 A}{0,8} = 35 A$$

6.2.3 Osuus 2. Palosuojakoteloasennus, jossa johdot koskettavat toisiaan sekä ilman lämpötila on 40°C

Seuraavaksi tarkastellaan osuuden 2 asennusolosuhteiden aiheuttamia korjauskertoimia. Ensin tarkistetaan lämpötilan aiheuttama korjauskerroin.

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

^a Korkeammilla ympäristön lämpötiloilla sovelletaan valmistajan antamia arvoja.

Taulukko 8 Korjauskertoimet eri lämpötiloille (SFS6000-2022)

Taulukosta 2. huomataan, että 40°C lämpötilassa korjauskertoimet ovat erilaiset PVC- ja PEX-eristeisille kaapeleille. PVC-eristeelle korjauskerroin k1 on 0,87 ja PEX-

tai EPR-eristeisille kaapeleille 0,91. Seuraavaksi katsotaan ryhmityksestä aiheutuva korjauskerroin.

Kohta	Sijoitus (kaapelit koskettavat toisiaan)	Piirien tai monijohdinkaapelien lukumäärä												Käytetään kuormi- tettavuus- taulukon kanssa
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Nipussa ilmassa, pinnalla, upotettuna tai kotelon sisällä	1,0	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 - B.52.13 Tavat A – F
2	Yhdessä kerroksessa seinällä, lattialla tai rei'ittämättömällä kaapelihyllyllä	1,0	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinkaapelille			B.52.2 - B.52.7 Tapa C
3	Yhdessä kerroksessa kiinnitettynä suoraan puiseen alakaton pinnalle	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Yhdessä kerroksessa rei'itetyllä kaapelihyllyllä vaakatai pystysuunnassa	1,0	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinkaapelille			B.52.8 - B.52.13 Tavat E ja F
5	Yhdessä kerroksessa tikkaila, tuilla tai kiinnikkeillä jne.	1,0	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Taulukko 9 Ryhmityksestä aiheutuva korjauskerroin (SFS6000-2022)

Taulukosta 9 katsottuna ryhmityksestä aiheutuva korjauskerroin k2 on kaikilla kaapelityypeillä 0,65. Seuraavaksi lasketaan kokonaiskorjauskertoimet sekä PVC- että PEX-eristeisillä kaapeleilla kuten osuudessa 1.

$$K_{PVC} = 0,87 * 0,65 = 0,5655$$

$$K_{PEX} = 0,91 * 0,65 = 0,5915$$

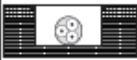
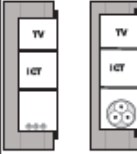
Seuraavaksi lasketaan kuormitettavuudet molemmille kaapelieristetyypeille:

$$I_{ZPVC} = \frac{28 A}{0,5655} = 49,51 A$$

$$I_{ZPEX} = \frac{28 A}{0,5915} = 47,34 A$$

6.2.4 Nousujohtojen valinta

Seuraavaksi käydään läpi laskettujen kuormitettavuuksien perusteella vaihtoehtot nousujohdoiksi. Ensiksi voidaan todeta, että kaapelihyllylle asennetulla osuudella korjauskerroin oli parempi kuin palosuojakotelointiin asennetulla osuudella. Määrävä kuormitettavuus on siis palosuojakotelointiin asennetulla osuudella.

Kohta nro	Asennustapa	Kuvaus	Referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittelyssä (katso liite 52B)
51		Monijohdinkaapelit lattiaan upotetussa avattavassa johtokanavassa	B2
52		Eristetyt johtimet tai yksijohdinkaapelit upotetussa johtokanavassa ^c	B1
53		Monijohdinkaapelit upotetussa johtokanavassa ^c	B2








Taulukko 10 Referenssiasennustavan määrittely (SFS6000-2022)

Taulukon 10 mukaisesti palosuojakotelointiin asennettu osuus katsotaan kuuluvan referenssiasennustapaan B2.

Johtimen nimellis- poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18	19
2,5	18	17,5	21	20	24	24	24
4	24	23	28	27	32	30	33
6	31	29	36	34	41	38	41
10	42	39	50	46	57	50	54
16	56	52	68	62	76	64	70
25	73	68	89	80	96	82	92
35	89	83	110	99	119	98	110
50	108	99	134	118	144	116	130
70	136	125	171	149	184	143	162
95	164	150	207	179	223	169	193
120	188	172	239	206	259	192	220
150	216	196	262	225	299	217	246
185	245	223	296	255	341	243	278
240	286	261	346	297	403	280	320
300	328	298	394	339	464	316	359

Taulukko 11 PVC-eristeisten kuparijohdinkaapeleiden kuormitettavuudet (SFS6000-2022)

Jos halutaan käyttää PVC-eristeistä kuparijohdinkaapelia, täytyisi valita johdinpoikkipinnaltaan 16mm² kaapeli, sillä kuormitettavuuden tulee olla $\geq 49,51$ A.

Johtimen nimellis- poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419

Taulukko 12 PEX-eristeisten kuparijohdinkaapeleiden kuormitettavuudet (SFS6000-2022)

Vaihtoehtoisesti PEX-eristeisellä kuparijohdinkaapelilla voitaisiin käyttää johdinpoikkipinnaltaan 10 mm² kaapelia, sillä $I_{Z10mm^2} \geq I_{ZPEX}$. Tässä kohtaa valitaan käytettäväksi nousukaapeliksi PEX-eristeinen MCMK 4x10+10.

Seuraavaksi täytyy vielä varmistua, että aiemmin laskettu vähimmäisoikosulkuvirta täyttyy ryhmäkeskuksilla valitulla kaapelityypillä.

Tämä voidaan laskea seuraavasti:

$$I_k = \frac{(0,95 * U)}{\sqrt{3} * (Z_k + Z_j)}$$

Tätä varten on laskettava ensin syöttävän verkon impedanssi Z_k . Kun tiedetään mittauskeskuksella MK vaikuttavan oikosulkuvirran suuruus, voidaan laskea syötöverkon oikosulkuimpedanssi seuraavasti:

$$Z_k = \frac{(0,95 * U)}{(\sqrt{3} * I_k)} = \frac{(0,95 * 400 V)}{(\sqrt{3} * 2500 A)} = 0,0878 \Omega$$

Seuraavaksi täytyy laskea vielä MCMK 4x10+10 -kaapelin impedanssi. Taulukosta 3 katsottuna 4x10 kuparikaapelille on annettu impedanssiksi 2,246 Ω /km. Nousujohtojen pituudet on annettu kuvassa 7. Pisimmät johdot ovat pituudeltaan 49 m ja lyhyimmät 30 m. Lasketaan molemmille johtopituuksille impedanssit seuraavasti:

$$Z_{j49m} = \frac{2,246 \Omega/km}{1000 m} * 2 * 49 m = 0,22 \Omega$$

$$Z_{j30m} = \frac{2,246 \Omega/km}{1000 m} * 2 * 30 m = 0,135 \Omega$$

Ja viimein lasketaan ryhmäkeskusten oikosulkuvirrat molemmilla kaapelipituuksilla:

$$I_{k49m} = \frac{(0,95 * 400 V)}{\sqrt{3} * (0,0878 \Omega + 0,22 \Omega)} = 712,78 A$$

$$I_{k30m} = \frac{(0,95 * 400 V)}{\sqrt{3} * (0,0878 \Omega + 0,135 \Omega)} = 984,71 A$$

Edellä laskettujen oikosulkuvirtojen perusteella voidaan todeta, että ne riittävät sekä 25 A gG-sulakkeelle että ryhmäjohdolle, jota suojaa C16 A johdonsuoja.

6.3 Keskusten suunnittelu

Keskusten suunnittelussa on otettava huomioon nykyisen järjestelmän olemassa olevat ryhmät ja laitteet sekä niiden sijainti. On huolehdittava myös, että suunnitellut uudet keskuksat mahtuvat niille aiottuihin tiloihin ja niiden koteloinnit täyttävät asennusolosuhteiden edellyttämän IP-luokituksen.

Lähtökohtaisesti kaikkien maallikoiden käyttöön tarkoitettujen keskusten sekä keskusten, jotka sijaitsevat muualla kuin sähkötilassa kotelointiluokan on oltava vähintään IP2XC. Lisäksi ulkoinen kotelointi valitaan sijainnin mukaan. [18.]

Koodi	Ulkoiset tekijät	Laitteiden valintaan ja asentamiseen vaadittavat ominaisuudet	Viittaus
AC	<i>Korkeus</i>		
AC1	≤ 2000 m	Normaali ^b	
AC2	> 2000 m	Voi olla tarpeen käyttää erityisjärjestelyjä kuten kuormituksen pienenemiskerrointa. Joillain laitteilla voi olla tarpeen tehdä erityisjärjestelyjä yli 1000 m korkeuksilla.	
AD	<i>Veden esiintyminen</i>		
AD1	Mitätön	Veden esiintymisen todennäköisyys on olematon. Tilat, joissa seinillä ei yleensä ole jälkiä vedestä, mutta niitä voi olla lyhytaikaisesti esim. ilmanvaihdon nopeasti kuivamaan höyryn muodossa. IPX0	IEC 60721-3-4 luokka 4Z6
AD2	Vapaasti putoavat pisarat	Pystysuoraan putoavien pisaroiden mahdollisuus. Tilat, joissa vesihöyry toisinaan tiivistyy pisaroiksi tai höyryä voi olla satunnaisesti. IPX1 tai IPX2	SFS-EN 60529 IEC 60721-3-3 luokka 3Z7
AD3	Sade	Vesi voi pudota korkeintaan 60° kulmassa pystysuorasta. Tilat, joissa satava vesi saa aikaan yhtenäisen kalvon lattialle ja/tai seinille. IPX3	SFS-EN 60529 IEC 60721-3-3 luokka 3Z8 IEC 60721-3-4 luokka 4Z7
AD4	Roiskeet	Roiskeet ovat mahdollisia kaikista suunnista. Tilat, joissa sähkölaitteet voivat joutua alttiiksi roiskuvalle vedelle, tämä koskee esim. määrättyjä ulkovalaisimia, rakennustyömaan laitteita. IPX4	SFS-EN 60529 IEC 60721-3-3 luokka 3Z9 IEC 60721-3-4 luokka 4Z7
AD5	Vesisuihku	Vesisuihku on mahdollinen kaikista suunnista. Tilat, joissa vettä käytetään säännöllisesti (työmaat, autonpesupaikat) IPX5	SFS-EN 60529 IEC 60721-3-3 luokka 3Z10 IEC 60721-3-4 luokka 4Z8
AD6	Aallot	Vesiaallot ovat mahdollisia Ranta-alueet, kuten laiturit, rannat jne. IPX6	SFS-EN 60529 IEC 60721-3-4 luokka 4Z9
AD7	Ajoittainen upottaminen	Ajoittainen osittainen tai kokonaan tapahtuva peittyminen vedellä on mahdollinen. — Laitte, jonka korkeus on vähemmän kuin 850 mm on sijoitettu siten, että alin osa on korkeintaan 1000 mm vedenpinnan alapuolella — Laitte, jonka korkeus on yhtä suuri tai suurempi kuin 850 mm ja sen korkein piste on korkeintaan 150 mm veden pinnan alapuolella. IPX7	SFS-EN 60529
AD8	Jatkuva upottaminen	Jatkuva ja täydellinen peittyminen vedellä on mahdollista. Tilat, kuten uima-altaat, joissa sähkölaitteet ovat kokonaan ja jatkuvasti peitetty vedellä, jonka paine on suurempi kuin 0,1 bar. IPX8	SFS-EN 60529

Taulukko 13 Kotelointiluokan 2. numeron määrittäminen (SFS-EN IEC 61439-1:2022)

Ulkoiselta koteloinnilta vaadittava kotelointiluokka voidaan määrittää taulukon 13. mukaisesti. Normaalisti sähkökeskukset on sijoitettu tiloihin, joissa vettä ei esiinny, eli kotelointi luokka olisi IPX0.

Koodi	Ulkoiset tekijät	Laitteiden valintaan ja asentamiseen vaadittavat ominaisuudet	Viittaus
AE	<i>Vieraiden kiinteiden esineiden esiintyminen</i>		
AE1	Mitätön	Pölyn ja vieraiden kiinteiden aineiden määrällä ei ole merkitystä. IP0X	EN 60721-3-3 luokka 3S1 EN 60721-3-4 luokka 4S1 SFS-EN 60529
AE2	Pienet kappaleet (2,5 mm)	Vieraita kiinteitä esineitä, joiden pienin dimensio on vähintään 2,5 mm IP3X Työkalut ja pienet kappaleet ovat esimerkkejä pienistä vieraista kiinteistä esineistä, joiden pienin dimensio on vähintään 2,5 mm	EN 60721-3-3 luokka 3S2 EN 60721-3-4 luokka 4S2 SFS-EN 60529
AE3	Hyvin pienet kappaleet (1 mm)	Vieraita kiinteitä esineitä, joiden pienin dimensio on vähintään 1 mm. IP4X Esimerkkejä pienistä vieraista kiinteistä esineistä ovat johtimet, joiden pienin dimensio on vähintään 1 mm	EN 60721-3-3 luokka 3S3 EN 60721-3-4 luokka 4S3 SFS-EN 60529
AE4	Vähäinen pöly	Pölyn esiintyminen Pölyn tunkeutuminen ei haittaa laitteen toimintaa. IP5X.	EN 60721-3-3 luokka 3S3 EN 60721-3-4 luokka 4S3 SFS-EN 60529
AE5	Keskimääräinen pöly	Pölyn esiintyminen Pölyn tunkeutuminen haittaa laitteen toimintaa. IP6X.	EN 60721-3-3 luokka 3S4 EN 60721-3-4 luokka 4S4 SFS-EN 60529
AE6	Runsas pöly	Pölyn esiintyminen Pöly ei saa tunkeutua laitteen sisään. IP6X	EN 60721-3-3 luokka 3S4 EN 60721-3-4 luokka 4S4 SFS-EN 60529

Taulukko 14 Kotelointiluokan 1. numeron määrittäminen (SFS-EN IEC 61439-1:2022)

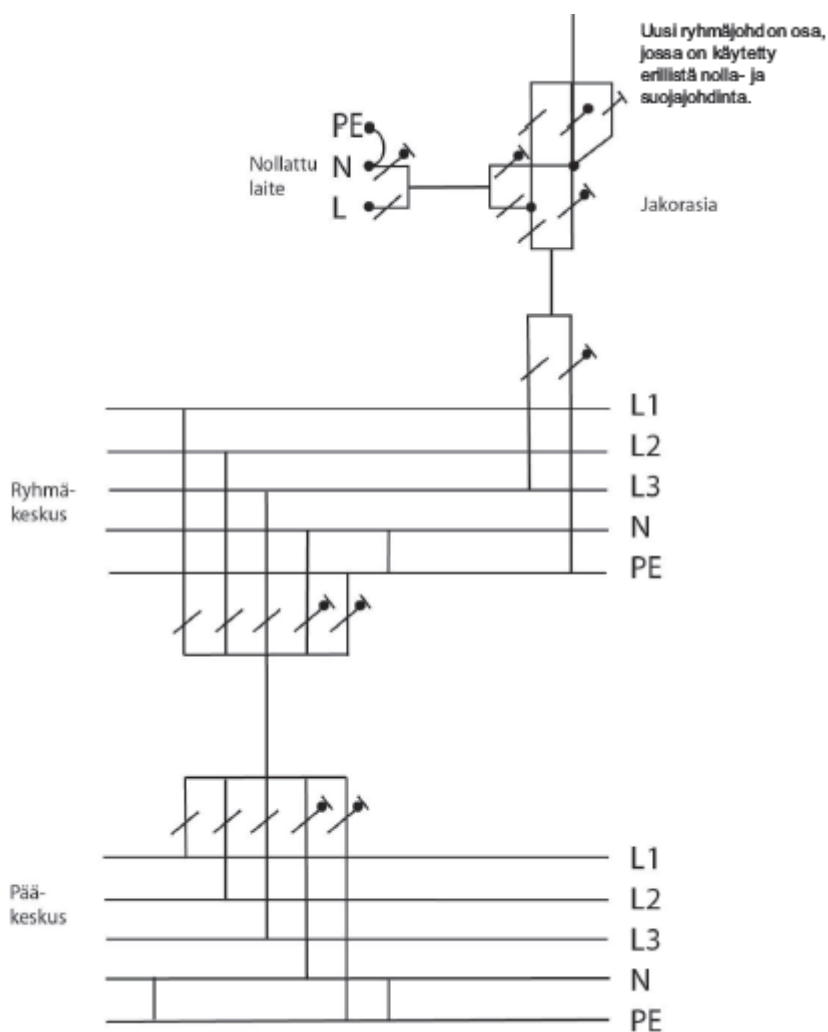
Keskusten kotelointiluokan kannalta yleisesti ottaen oleellisempi ensimmäinen numero voidaan määrittellä taulukon 14. mukaisesti. Yleensä riittää kotelointiluokka IP2X, joka oli vähimmäisvaatimus maallikoiden käyttöön tarkoitetuilla keskuksilla. Yleisesti ottaen IP20 -luokitus riittää keskuksille. Aina on kuitenkin tarpeellista selvittää, mitä kotelointiluokkaa on tarpeellista käyttää.

6.3.1 Ryhmäkeskukset

Ryhmäkeskusten suunnitteluun vaikuttavat olemassa olevan ryhmäkeskuksen sisältävät ryhmät, ryhmäkeskusta syöttävän kaapelin ja sen ylivirtasuojan ominaisuudet, sekä ryhmäkeskuksen asennuspaikka.

Ryhmäkeskukset suunnitellaan niin, että kaikki ryhmät on myöhemmin mahdollista uudelleen kaapeloida TN-S-ryhmiksi. Tämä voidaan helpoiten tehdä niin, että ryhmäkeskuksen N- ja PE-kiskot yhdistetään käyttämällä sopivaa yhdistyspalaa tai riittävän paksua johdinta. Näin toimimalla voidaan kiskot helposti myöhemmin erottaa, kun asunnon johtojärjestelmä uusitaan TN-S-järjestelmäksi. Nolla- ja suojamaadoitusjohdinta ei saa kytkeä yhteen sen jälkeen, kun ne on erotettu. Lähes aina vanhoissa kerrostaloissa on TN-C-ryhmiä, joissa on käytetty ns. PEN-johdinta,

sekä tehty ns. nollauksia pistorasioiden liittimissä. Asennusten muutos- ja laajennustyöt pitäisi suunnitella ja toteuttaa siten, että asennettavissa uusissa johdoissa on erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet tai PEN-johtimen poikkipinta on vähintään 10 mm^2 kuparia. Koska väistämättä vanhoissa asunnoissa esiintyy TN-C -ryhmiä, eikä nolla- ja suojamaadoitusjohtimia saa kytkeä yhteen enää sen jälkeen, kun ne on erotettu, voidaan tämä ratkaista yhdistämällä uuden ryhmäkeskuksen N- ja PE-kiskot edellä kuvatulla tavalla, sekä kytketään uuden nousujohdon N- ja PE-johtimet rinnakkain kuvan 8 mukaisesti. Näin toimimalla saadaan 6 mm^2 johdinpoikkipintaisen kaapelin PEN-johtimen poikkipinta-alaksi yhteensä 12 mm^2 , joka täyttää vaatimuksen PEN-johtimen vähimmäispoikkipinta-alasta.



Kuva 8 Esimerkki nolla- ja suojamaadoitusjohtimien kytkennästä rinnan

Ryhmäkeskusten pääkaavioihin merkitään N- ja PE-kiskojen välinen yhdistyslenkki. Ryhmäkeskuksiin on asennettava riittävä määrä vikavirtasuojia, jotta kaikki uudet asennukset on mahdollista lisäsuojata vaatimusten mukaisesti, sekä tulevaisuudessa johtojärjestelmien uusinnan yhteydessä voidaan olemassa olevat ryhmät myös lisäsuojata helposti, kun suojalaitteet ovat valmiina. [19.]

Erittäin tärkeää ryhmäkeskusten suunnitteluvaiheessa on kiinnittää huomiota olemassa olevien ryhmien määriin, niiden suojalaitteisiin sekä ryhmäkeskuksen fyysiseen kokoon ja asennuspaikalla vapaana olevaan tilaan. Ryhmäkeskuksia suunniteltaessa on hyvä olla tiedossa kaikkien olemassa olevien ryhmäkeskusten

tiedot. Uusiin ryhmäkeskuksiin on järkevää sijoittaa sama määrä kojeita kuin lähtömäärältään suurimmassa olemassa olevassa ryhmäkeskuksessa ja edellä mainitulla tavalla vikavirtasuojattuja lähtöjä niille ryhmille, jotka vikavirtasuojasta vaativat uudisasennuksissakin. Käytännössä kaikki valaistus- ja pistorasiaryhmät on ainakin järkevää laskea mukaan vikavirtasuojattuja lähtöjä suunniteltaessa uuteen keskukseen.

Ryhmäkeskuksia on mahdollista tilata räätälöitynä useilta eri keskusvalmistajilta tai tukkureilta keskusvalmistajien vakiomalleja. Ryhmäkeskusten fyysistä kokoa on mietittävä tarkkaan, sillä useimmat vanhat tulppasulakekeskukset ovat niin pieniä, ettei niiden ympäristöön välttämättä ole jätetty paljon tilaa. Näin ollen uudet ryhmäkeskukset eivät välttämättä suoraan mahdu olemassa olevan ryhmäkeskuksen tilalle, ja ryhmäkeskuksen asennuspaikkaa joudutaan muuttamaan.

Joissain tapauksissa vanhojen keskusten takana ei ole ollenkaan upotuskoteloita, vaan ryhmäjohdot/johtimet on tuotu rakenteiden sisällä putkessa ryhmäkeskuksen asennuskohtaan. Tällaisessa tapauksessa ei ole mahdollista jatkaa ryhmäjohtoja upotuskotelossa, joten on järkevää suunnitella keskukseen riittävä määrä riviliittimiä, joissa voidaan tehdä jatkokset ryhmäjohtoihin, sillä keskuksissa ei ole sallittua käyttää irtoliittimiä. Jatkokset voidaan tehdä myös asennusten jännitetason mukaisilla johdinjatkoksilla, jolloin riviliittimiä ei tarvitse ryhmäkeskuksiin.

Ryhmäkeskuksia suunniteltaessa pääkaavioon merkitään myös mahdollinen IT-osa, jos aiotaan käyttää yhdistelmäkeskuksia. Tämä on usein kustannustehokas vaihtoehto, sillä erillistä kotijakamoa ei tarvitse tällöin hankkia, vaan se tulee ryhmäkeskuksen yhteyteen.

6.3.2 Pääkeskus

Pääkeskuksen suunnittelussa kiinnitetään huomiota samoihin seikkoihin kuin ryhmäkeskustenkin suunnittelussa. Näiden lisäksi täytyy arvioida tulevaisuuden tar-

peita paljon tarkemmin kuin ryhmäkeskuksissa. Esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmälle on usein järkevää rakentaa valmis liittymispiste uuteen pääkeskukseen. Myös lain 733/2020 määrittelemä sähköauton latauspistevalmius tulee huomioida. Jos kyse on laajamittaisesta korjaustyöstä, jonka rakentamiseen on haettava maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:n mukainen rakennuslupa, tulee huolehtia latauspistevalmius niin, että asuinrakennuksissa, joissa on enemmän kuin neljä pysäköintipaikkaa, voidaan jokaiselle paikalle asentaa myöhemmin latauspiste. [20.]

Tyypillisesti pääkeskuksen yhteydessä on kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistystä palveleva ns. kiinteistöosa, jolla on oma mittarinsa. Tästä osasta keskusta otettu sähköenergia laskutetaan asukkaiden sijaan taloyhtiöltä. Kiinteistöosasta otetaan myös sähköauton latauspisteiden syötöt, ellei sähköliittymän kapasiteettia ylitetä niin, ettei liittymiskaapelia ole mahdollista vaihtaa. Mikäli liittymän kapasiteetti ylitetään, eikä liittymisjohtoa ole mahdollista vaihtaa, joissain tapauksissa on myös mahdollista tilata sähköauton latausta varten oma liittymänsä, jolle asennetaan oma keskuksensa tyypillisesti pysäköintialueelle. Olemassa olevan liittymän huipputehoja tai -virtoja voidaan mitata dataloggereiden avulla. Tämä on kaikista tarkin tapa määrittää huipputeho, mutta kesäkaudella se ei välttämättä kerro koko totuutta, sillä yleensä talvikaudella kiinteistön kulutus on huipussaan kesäkauteen verrattuna suuremman lämmitystehon tarpeen vuoksi. Huipputehoa

voidaan laskea myös taulukossa 15 esitetyillä kaavoilla.

Asuinrakennukset	Huipputeho ⁽¹⁾ [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m ²]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot ⁽²⁾		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁴⁾ Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 1,0\text{-}3,0 \text{ kW/latauspiste} \times n_{auto}$ (n_{auto} = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁵⁾ Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen \text{ lataus}} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}}{\text{latauskerran aika h}}$ ⁽⁶⁾		
HUOM. Käytettäessä älykästä sähköajoneuvojen latausjärjestelmää, voi olla mahdollista jättää latausjärjestelmän vaikutus huipputehohon kokonaan huomioimatta, jos kohteen käyttäjien tarpeet ja kohteen sähköliittymän vapaa energiakapasiteetti oletettuna latausaikana mahdollistavat tämän. Tällainen energiakapasiteetin tarkastelu soveltuu lähinnä pitkien latausaikojen kohteisiin, kuten asuin- ja liikennekohteisiin. Katso tämän kortin luku 4.5.6, kortti ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmät.		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \phi$. Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida, että $\cos \phi = 0,96$. Tehokertoimen määrityksen lähtötietona voidaan käyttää myös paikallisen verkkoyhtiön loistehohinnoittelua ja loistehon ilmaisuutta. Lineaarisia laskentamalleja käytettäessä tulee myös huomioida, että kuormitukset noudattavat erittäin harvoin normaali-jakaamaa. Tietyt tehon ylitysdennäköisyyden arvioiminen on siis hyvin haastavaa tai jopa mahdotonta, jos käytettävissä ei ole muita tietoja kuin rakennuksen tyyppi ja arvio pinta-alasta.		

Taulukko 15 Kokemuseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi (ST13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen)

Taulukossa 15 on esitetty myös kaava sähköautojen lataukseen varautumiseksi huipputehossa. Kaavassa voidaan yleisesti käyttää haluttuna ajosuoritteena kaupunkiympäristöissä 100 km ja maaseudulla 150 km. Taloyhtiöissä ja pientaloissa latauskerran ajaksi voidaan huomioida 10 h, sillä usein lataus tapahtuu yön yli. Yksinkertaisempi tapa varautua sähköauton lataukseen kuormanhallintajärjestelmällä on laskea vähimmäistehoksi 2 kW/autopaikka. Tämä perustuu SFS-EN 61851 mukaisten latausjärjestelmien vähimmäistoimintavirtaan 6 A sekä häviöihin jake-lussa. Mikäli latausasemalle on saatavissa tätä vähemmän virtaa, lataus ei välttämättä käynnisty kylmimmillä säillä. [21.]

Pääkeskukset tilataan yleensä räätälöityinä keskusvalmistajilta. Toimittaakseen keskuksen, keskusvalmistaja tarvitsee yleensä keskuksen pääkaavion lisäksi seuraavia tietoja:

- Keskuksen nimellisjännite U_N
- Keskuksen nimellistaajuus f_N
- Keskuksen nimellisvirta I_N
- Terminen oikosulkukestoisuus I_{1s}
- Dynaaminen oikosulkukestoisuus I_{PK}
- Rakennetiedot
- Asennustapa

6.3.3 Esimerkki pääkeskuksen mitoitusarvojen laskemisesta

Jotta voidaan toimittaa keskusvalmistajalle tarvittavat tiedot keskuksen kasamiseksi, täytyy joitain arvoja laskea. Aloitetaan keskuksen nimellisvirran I_N määrittämisestä. Nimellisvirta saadaan pyöristämällä kuormitusvirran I_B arvo ylöspäin, lähimpään vakiosulakekokoon. Vakiosulakekoot löytyvät taulukosta 16. Kuormitusvirta I_B voidaan laskea huipputehosta seuraavasti:

$$I_B = \frac{P_h}{\sqrt{3} * U_N * \cos\varphi}$$

Lasketaan huipputeho esimerkikerrostalon pääkeskukselle. Esimerkin kerrostalossa on yhteensä 20 asuntoa, joissa ei ole kiukaita. Lisäksi autopaikkoja on yhteensä 20 kpl. Kerrosala on 1700 m^2 . Tehokertoimen oletetaan olevan 0,96. Sähköajoneuvojen latauskerran aikana pidetään 10 h ja riittävänä ajosuoritteena 100 km.

Lasketaan kiinteistön huipputeho taulukon 15. mukaisesti:

$$P_{hk} = \left(\left(\frac{1700 \text{ m}^2}{2500 \text{ m}^2} \right) * 65 \text{ kW} \right) + 17 \text{ kW} * \frac{1700 \text{ m}^2}{1000 \text{ m}^2} = 73,1 \text{ kW}$$

Lisäksi lasketaan sähköajoneuvojen latauksen vaatima teho:

$$P_{lataus} = \frac{100 \text{ km} * 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * 20}{10 \text{ h}} = 40 \text{ kW}$$

Kun lasketaan kiinteistön huipputehon P_{hk} sekä sähköajoneuvojen latauksen vaatiman tehon P_{lataus} summa, saadaan huipputeho P_h laskettua.

$$P_h = 73,1 \text{ kW} + 40 \text{ kW} = 113,1 \text{ kW}$$

Nyt voidaan laskea kuormitusvirran I_B aiemmin esitetyn kaavan mukaisesti:

$$I_B = \frac{113,1 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96} = 170,05 \text{ A}$$

IEC-koko	Nimellisvirta I_n [A]	Tehohäviö nimellisvirralla		Lajimerkki	Snro	Pakkaus- koko [kpl]	Paino/ kpl [kg]
		P_n [W]					
000	2	3.9		OFAF000H2	31 120 02	9	0.12
000	4	1.5		OFAF000H4	31 120 04	9	0.12
000	6	1.6		OFAF000H6	31 120 06	9	0.12
000	10	1.1		OFAF000H10	31 120 10	9	0.12
000	16	1.8		OFAF000H16	31 120 16	9	0.12
000	20	2.4		OFAF000H20	31 120 20	9	0.12
000	25	2.4		OFAF000H25	31 120 25	9	0.12
000	32	2.7		OFAF000H32	31 120 32	9	0.12
000	35	3.0		OFAF000H35	31 120 35	9	0.12
000	40	3.4		OFAF000H40	31 120 40	9	0.12
000	50	3.9		OFAF000H50	31 120 50	9	0.12
000	63	4.7		OFAF000H63	31 120 63	9	0.12
000	80	5.7		OFAF000H80	31 120 80	9	0.12
000	100	6.7		OFAF000H100	31 120 90	9	0.12
00	125	8.4		OFAF00H125	31 120 91	3	0.18
00	160	10.6		OFAF00H160	31 120 92	3	0.18
0	6	1.8		OFAF0H6	31 128 06	3	0.21
0	10	1.5		OFAF0H10	31 128 10	3	0.21
0	16	2.5		OFAF0H16	31 128 16	3	0.21
0	20	3.5		OFAF0H20	31 128 20	3	0.21
0	25	3.5		OFAF0H25	31 128 25	3	0.21
0	32	3.2		OFAF0H32	31 128 32	3	0.21
0	35	3.5		OFAF0H35	31 128 35	3	0.21
0	40	4.2		OFAF0H40	31 128 40	3	0.21
0	50	5.1		OFAF0H50	31 128 50	3	0.21
0	63	6.2		OFAF0H63	31 128 63	3	0.21
0	80	7.1		OFAF0H80	31 128 80	3	0.21
0	100	8.7		OFAF0H100	31 128 90	3	0.21
0	125	11.0		OFAF0H125	31 128 92	3	0.21
0	160	11.7		OFAF0H160	31 128 96	3	0.21
0	200	15.0		OFAF0H200	31 128 97	3	0.30
0	224	16.2		OFAF0H224	31 128 98	3	0.30
0	250	17.8		OFAF0H250	31 128 99	3	0.30

Taulukko 16 ABB OFAF_H gG sulakekoot (ABB Oy)

Kuten edellä on todettu, keskuksen nimellisvirta saadaan pyöristämällä kuormitusvirta I_B ylöspäin, seuraavaan mahdolliseen vakiosulakekokoon. Tässä tapauksessa keskuksen nimellisvirta on 200 A.

Seuraavaksi lasketaan dynaaminen oikosulkukestoisuus I_{PK} . Sen laskemiseksi täytyy tietää prospektiivisen oikosulkuvirran I_{cp} arvo. Prospektiivinen oikosulkuvirta on virta, joka kulkisi piirissä, kun syöttöjohtimet olisivat oikosuljettu merkityksetömän pienen impedanssin omaavalla johtimella niin lähellä keskuksen syöttöliittimiä kuin mahdollista. [22.] I_{cp} :n arvona voidaan pitää kolmivaiheisen oikosulkuvirran tehollisarvoa, sillä mitoituksessa riittää pahimman tilanteen tarkastelu. [23]. Tämä tieto on yleensä saatavilla jakeluverkon haltijalta. Tässä esimerkissä prospektiivisen oikosulkuvirran arvona käytetään arvoa 6000 A.

Dynaaminen oikosulkuvirta I_{PK} voidaan laskea seuraavasti:

$$I_{PK} = n * I_{cp}$$

Kaavassa esiintyvä arvo n on sysäyskerroin, joka riippuu prospektiivisen oikosulkuvirran tehollisarvosta. Kerroin haetaan taulukosta 17.

Oikosulkuvirran tehollisarvo kA	$\cos \varphi$	n
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

^a Taulukon arvot pätevät useimpiin sovelluksiin. Erityisissä paikoissa, esim. muuntajan tai generaattorin läheisyydessä, voi tehokerroin saada pienempiä arvoja, jolloin prospektiivisen virran huippuarvo voi tulla rajoittavaksi arvoksi oikosulkuvirran tehollisarvon sijasta.

Taulukko 17 Arvot sysäyskerroimelle (SFS-EN 61439-1)

Tässä tapauksessa sysäyskerroimen n arvoksi tulisi 1,7.

Lasketaan dynaaminen oikosulkuvirta I_{PK} :

$$I_{PK} = 1,7 * 6000 A = 10,2 kA$$

Seuraavaksi lasketaan vielä terminen oikosulkuvirta I_{cw} . Tätä arvoa käytetään kuvaamaan keskuksen komponenttien fyysistä virtakestoisuutta. Tämä ilmoitetaan yleensä 1 s arvona eli yhden sekunnin pituisen oikosulun aiheuttamana rasiuksena. Se voidaan laskea yli 0,5 s pituisille oikosuluille kertomalla prospektiivinen oikosulkuvirta (tai alkuoikosulkuvirta) oikosulun kestoajan neliöjuurella seuraavasti:

$$I_{cw} = I_{cp} * \sqrt{t_k} = 6000 A * \sqrt{1 s} = 6000 A$$

[24.]

6.3.4 Mittauskeskus

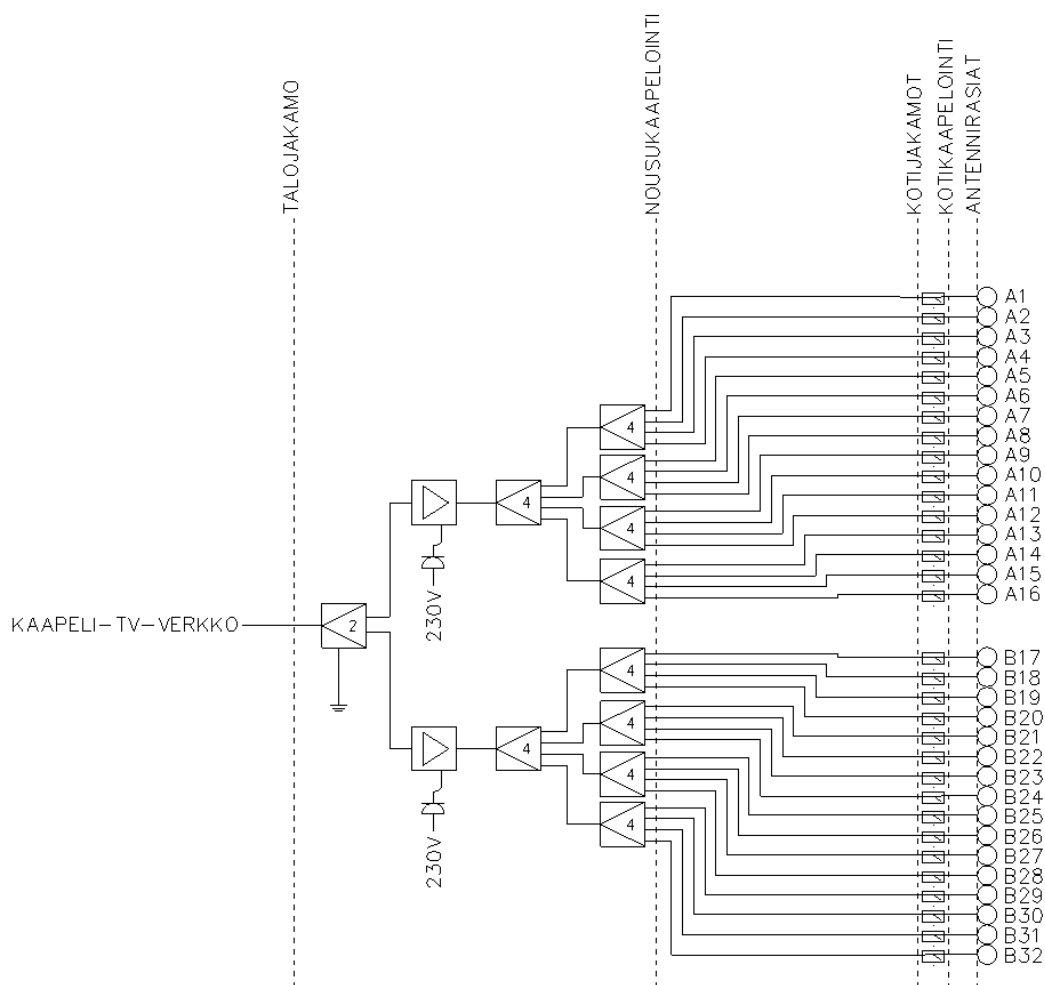
Mittauskeskuksen suunnitteluun sovelletaan samoja käytänteitä kuin pää- ja ryhmäkeskuksiinkin. Mittauskeskuksen suunnittelemisen on kuitenkin paljon yksinkertaisempaa kuin edellä mainittujen keskustyyppeihin. Mittauskeskuksen suunnittelussa tarvitsee ottaa huomioon ainoastaan sen sijoituspaikan aiheuttamat vaatimukset suojaukselle sekä se, että mittareille tulee olla esteetön pääsy verkkoyhtiöllä. Esteetön pääsy voidaan järjestää esimerkiksi upotettavalla avainkotelolla, johon käy verkkoyhtiön avain. [25] Lisäksi täytyy varmistua siitä, että mittauskeskuksella on riittävä oikosulkuvirta sitä syöttävien sulakkeiden toimimiseksi. Oikosulkuvirtaa ja suojalaitteiden toimintarajavirtoja tarkastellessa voidaan käyttää 5 s poiskytkentävaatimusta. Pääkeskuksen tapaan myös mittauskeskukset ovat pääsääntöisesti räätälöitynä keskusvalmistajilta tilattavia. Näin ollen myös mittauskeskusten osalta täytyy selvittää samat asiat keskusvalmistajalla, kuin pääkeskuksenkin osalta.

6.4 Antennijärjestelmän suunnittelu

Uusia antennijärjestelmiä voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Taajama-alueilla yleisimmin käytetty eli liittyminen suoraan kaapeli-tv-verkkoon tai kiinteistön katolle asennettavat omat antennit, joiden lisäksi rakennetaan varausputket myöhemmää kaapeli-tv-liityntää varten.

Käytännössä antennijärjestelmä koostuu signaalin vastaanottotavasta riippumatta yksinkertaisimmillaan vahvistimesta tai vahvistimista, jaottimista, nousukaapeloinnista, haaroittimista, kotikaapeloinnista ja antennirasioista, joihin käyttäjä voi liittää signaalin vastaanottavia laitteita. Antenni- ja yleiskaapelointiverkkojen arkkitehtuurit ovat samanlaiset. Yleensä kaapelitiet ja laitetilat ovat molemmille järjestelmille yhteisiä. Poikkeuksena saattaa olla yli 25–30 asunnon järjestelmät, sillä yhdestä vahvistimesta ei saada lähtötasoa tätä useampaan huoneistoon. Siksi suuret tähtipisteet on jaettava useampaan pienempään, joita syötetään

omilla vahvistimillaan. Tällöin saattaa isommissa kohteissa säästää kaapelointikustannuksissa: jos esimerkiksi jakaa tähtipisteet rappukohtaisesti, voidaan kunkin rappun tähtipisteet sijoittaa syötettäviin rappuihin. [26.] Kuvassa 9 on havainnollistettu antennijärjestelmän rakennetta kaapeli-tv-liityntäisessä yli 25 asunnon antennijärjestelmästä, jossa vahvistimet on keskitetty talojakamoon.



Kuva 9 Esimerkki antennijärjestelmän toteutuksesta yli 25 asunnon kohteessa.

Antennijärjestelmän passiiviset osat aiheuttavat vaimennusta järjestelmän signaalitasoon. Passiivisilla osilla tarkoitetaan mm. jaottimia, kaapelointia, haaroittimia ja antennirasioita. Suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota järjestelmän vaimennuksiin ja ne on syytä laskea auki ennen toteutusta. Jotta antenniverkko toimii halutulla tavalla, täytyy kaikkiin antennirasioihin saada sopivat signaalitasot. Jos

vaimennus on liian suuri, tv-kuva ei näy lainkaan. Toisaalta taas liian pieni vaimennus päästää liian suuren signaalitason vastaanottimelle ja häiritsee sen toimintaa. Kuten aiemmin todettiin, verkon passiiviset osat aiheuttavat vaimennusta signaalitasoihin. Käytännössä vaimennukset lasketaan kaikille verkon passiivisille osille sekä 47 MHz että 1000 MHz taajuusalueilla. Kaikille komponenteille ja kaapeleille löytyy valmistajan toimittamista teknisistä tiedoista vaimennukset eri taajuuksilla. Vaikka mitoitus tehdäänkin vain 47–1000 MHz taajuusalueilla, tulee passiivisten verkon osien kuitenkin kattaa taajuusalue 5-1218 MHz. [27] Jos kiinteistö on liitetty tai tullaan liittämään kaapeli-tv-verkkoon, tulee vahvistimien olla kaksisuuntaisia ja niiden taajuusalueen ylittää 1218 MHz asti. [26] Passiivisia osia valitessa noudatetaan seuraavia peruseriaatteita:

- Antennikaapelointi on koaksiaalikaapelia
- Talo- ja alijakamojen välille yksi koaksiaalikaapeli ja kuusi kuitua
- Kotikaapeloinnissa ohuempi kaapelityyppi kuin nousu- ja aluekaapeloinnissa
- Antenniverkon rakenne on tähtimäinen, ei ketjutettu
- Antennirasiat ovat päätyviä, ei ketjutettavia
- Kotijakamoissa käytetään haaroittimia
- Talo- ja alijakamoissa käytetään jaottimia

[27]

6.4.1 Esimerkilaskelmat antennijärjestelmän mitoituksesta

Mitoitetaan kuvassa 9 esitettyyn kuvitteelliseen antennijärjestelmään passiiviset komponentit sekä vahvistimien lähtötasot. Laskelmia varten määritetään ensin nousu- ja kotikaapelointien pituudet. Tässä esimerkilaskelmassa käytetään seuraavia pituuksia:

Nousukaapeloinnit:

- Asuntoihin A1 ja B17 nousukaapeloinnin pituus on 20 m. Nämä ovat lähimpänä talojakamoa.
- Asuntoihin A16 ja B32 nousukaapeloinnin pituus on 40 m. Nämä ovat kauimpana talojakamosta.

Kotikaapeloinnit:

- Kaikissa asunnoissa on kotikaapeloinnin pituus kotijakamon tähtipisteeltä lähimmälle antennirasiaille 10 m.
- Kaikissa asunnoissa on kotikaapeloinnin pituus kotijakamon tähtipisteeltä lähimmälle antennirasiaille 20 m.
- Kotijakamoiden tähtipisteissä haaroittimet on varustettu neljällä haaralla.

Antenniverkon vaimennukset lasketaan vahvistimen kytkentäpisteestä alkaen. Vaimennus ei saa missään antennirasiassa alittaa 25 desibeliä, eikä ylittää 45 desibeliä. Lisäksi tasoero 47–1000 MHz taajuusalueella ei saa uudessa tai uudistettussa verkossa ylittää 15 desibeliä. Kunnostetussa verkossa tasoero saa poikkeuksellisesti olla korkeintaan 18 dB. [27.]

Vaimennuksien laskemista varten on kätevää käyttää esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmistoa, kuten Excel.

Komponentti	Määrä	Yksikkö	Vaimennus 47 MHz (dB/yks)	Vaimennus yhteensä 47 MHz (dB)	Vaimennus 1000 MHz (dB/yks)	Vaimennus yhteensä 1000 MHz (dB)
Jaotin (LAJ 41G3)	2	kpl	6,8	13,60 dB	7,5	15,00 dB
Nousukaapelointi (lyhin) (HQ 163 HFFR RG11)	20	m	0,03	0,60 dB	0,1405	2,81 dB
Haaroitin kotijakamossa (LAH 4-12PE 1G3)	1	kpl	13,5	13,50 dB	14	14,00 dB
Kotikaapelointi (lyhin) (HD 103 CuCu PVC RG6)	10	m	0,044	0,44 dB	0,2091	2,09 dB
Antennirasia (LARS202)	1	kpl	2	2,00 dB	2	2,00 dB
Yhteensä lyhin				30,14 dB		35,90 dB

Taulukko 18 Esimerkkitapauksen vaimennuslaskelmat lähimmälle antennirasiaille.

Taulukossa 18 on laskettu kokonaisvaimennukset vahvistimelta lähimmäiselle antennirasiaille. Komponenttien tyyppi on ilmoitettu vasemman puolimmaisessa sa-

rakkeessa ja komponenttikohtaiset vaimennukset on haettu valmistajan toimittamilta datalehdiltä. Kaapeleiden osalta vaimennukset on ilmoitettu valmistajan datalehdillä yksikössä dB/ 100 m ja haaroittimien, jaottimien sekä antennirasioiden vaimennukset vain desibeleinä. Vaimennukset on ilmoitettu eri taajuuksilla lämpötilassa +20°C. Kokonaisvaimennus lasketaan yksinkertaisesti summaamalla kaikkien passiivisten osien aiheuttamat vaimennukset yhteen. Vaimennukset lasketaan sekä 47 MHz taajuudella, että 1000 MHz taajuudella. Taulukossa 18 esitetyt tulokset ovat toistaiseksi hyväksyttävät, sillä pienin vaimennus on yli 25 dB ja suurin vaimennus on alle 45 dB. Myös tasoero on alle 15 dB. Kuitenkaan tämä ei kerro vielä kaikkea, sillä täytyy laskea vielä pisimmän vedon vaimennukset, jolloin voidaan vasta todeta täytyvätkö vaatimukset.

Komponentti	Määrä	Yksikkö	Vaimennus 47 MHz (dB/yks)	Vaimennus yhteensä 47 MHz (dB)	Vaimennus 1000 MHz (dB/yks)	Vaimennus yhteensä 1000 MHz (dB)
Jaotin (LAJ 4 1G3)	2	kpl	6,8	13,60 dB	7,5	15,00 dB
Nousukaapelointi (pisin) (HQ 163 HFFR RG11)	40	m	0,03	1,20 dB	0,1405	5,62 dB
Haaroinnin kotijakamossa (LAH 4-12PE 1G3)	1	kpl	13,5	13,50 dB	14	14,00 dB
Kotikaapelointi (pisin) (HD 103 CuCu PVC RG6)	20	m	0,044	0,88 dB	0,2091	4,18 dB
Antennirasia (LARS202)	1	kpl	2	2,00 dB	2	2,00 dB
Yhteensä pisin				31,18 dB		40,80 dB

Taulukko 19 Esimerkkitapauksen vaimennuslaskelmat kauimmaiselle antennirasi-alle.

Taulukossa 19 on esitetty vastaava laskelma pisimmän vedon vaimennuksesta, kuin aiemmin lyhimmästä vedosta. Myös tässä tapauksessa vaimennukset ja tasoero ovat annettujen raja-arvojen sisällä. Tasoero lasketaan vähentämällä suurimmasta vaimennusarvosta pienin vaimennusarvo:

$$40,80 \text{ dB} - 30,14 \text{ dB} = 10,66 \text{ dB}$$

Kokonaistasoero on tässä tapauksessa hyväksyttävällä tasolla, sillä se on alle 15 dB.

6.4.2 Vahvistimien lähtötasot

Seuraavaksi lasketaan vielä vahvistimien lähtötasot. Koska esimerkissä molempien vahvistimien syöttämät verkot ovat identtisiä, molempien vahvistimien lähtötaso

on sama. Määräyksen 65 E perustelu-uistiossa on antennirasioiden signaalitasoista määrätty seuraavaa:

- Signaalitasojen antennirasioissa tulee olla eri vastaanottotavoilla ja taajuudesta riippumatta seuraavat:
 - maanpäällinen televisiovastaanotto (DVB-T): 45-74 dB μ V
 - maanpäällinen televisiovastaanotto (DVB-T2): 49-74 dB μ V
 - kaapelitelesioivastaanotto (DVB-C) 64 QAM: 47-67 dB μ V
 - kaapelitelesioivastaanotto (DVB-C) 128 QAM: 50-70 dB μ V
 - kaapelitelesioivastaanotto (DVB-C) 256 QAM: 54-74 dB μ V
 - radiovastaanotto (ULA) 50-70 dB μ V

Kuva 10 M65 E mukaiset signaalitasot antennirasioilla.

Tämän perusteella voidaan laskea vahvistimien lähtötaso, kun järjestelmän suurin ja pienin vaimennus on selvillä. Oletetaan, että kaapeli-tv-verkossa signaalit välitetään 256 QAM -modulaatiolla. Tässä tapauksessa rasi-asignaali-tason täytyy olla minimissään 54 dB μ V. Voidaan laskea vahvistimen minimilähtötaso L_m laskemalla suurimman vaimennuksen sekä pienimmän rasi-asignaali-tason yhteen.

$$L_m = 40,80 \text{ dB} + 54 \text{ dB}\mu\text{V} = 94,80 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Maksimilähtötaso L_M lasketaan taas summaamalla pienin vaimennus, sekä suurin rasi-asignaali-taso yhteen.

$$L_M = 30,14 \text{ dB} + 74 \text{ dB}\mu\text{V} = 104,14 \text{ dB}\mu\text{V}$$

[27.]

Sopiva vahvistimen lähtötaso saadaan laskemalla minimi- ja maksimilähtötasojen keskiarvo.

$$L = \frac{(94,80 \text{ dB}\mu\text{V} + 104,14 \text{ dB}\mu\text{V})}{2} = 99,471 \text{ dB}\mu\text{V}$$

6.5 Yleiskaapelointijärjestelmän suunnittelu

Yleiskaapelointijärjestelmän suunnittelemisen aloitetaan tarkastelemalla rakennuskohteen tarpeita. Tärkeää on selvittää mahdolliset sijoituspaikat talojakamolle, yleiskaapelointipisteiden lukumäärät ja sijainnit, sekä tietoliikennesasioiden viedä mahdolliset johtoreitit. Kuten luvussa 2.2.1 on kerrottu, uudistettaessa sisäverkkoa, kotikaapelointi tulee suunnitella ja asentaa siten, että vähintään yhteen asuinhuoneeseen asennetaan vähintään kaksi kategorian 6 parikaapelia päätettynä yhteen kategorian 6 liittimillä varustettuun kaksi osaiseen tai kahteen yksiosaiseen tietoliikennesasioiden. Tästä voidaan poiketa osakkeenomistajan kirjallisella pyynnöllä.

Erityisesti johtoreittien pituutta talojakamolta kotijakamoille sekä kotijakamoilta tietoliikennesasioiden tulee tarkastella, sillä Liikenne- ja viestintäviraston määräys 65 E velvoittaa kategorian 6 komponenteilla toteutetun pysyvän siirtotien suorituskäytön täyttävän vähintään standardin SFS-EN 50173-1 mukaisen luokan E vaatimukset. Kotikaapeloinnin on aina täytettävä luokan E vaatimukset. Luokan E pysyvä siirtotie toteutuu, kun:

- asennuksessa käytetään vähintään kategorian 6 kaapeleita ja liittotarvikkeita.
- kaapeloinnissa noudatetaan standardin SFS-50173 mukaisia kokoonpanoja ja mitoitusperiaatteita. Pysyvän siirtotien enimmäispituus on 90 m.
- asennus tehdään vaatimusten ja ohjeiden mukaan, hyvää asennustapaa ja standardisarjaa SFS-EN 50174 noudattaen.
- komponenttivalinnoissa ja asennustavoissa otetaan huomioon ympäristöluokitus.

Isommissa, useamman kuin yhden rakennuksen käsittävissä kohteissa saattaa tulla eteen tilanne, jossa ei voida välttyä yli 90 m pitkien pysyvien siirtoteiden rakentamiselta. Tällaisia tilanteita voi esiintyä vain seuraavanlaisissa tapauksissa:

- useamman kuin yhden kerrostalon käsittävän kiinteistön aluekaapelointi, eli talo- ja alijakamoiden välinen kaapelointi.
- rivi- tai pientalokiinteistön nousukaapelointi, eli talo- ja kotijakamoiden välinen kaapelointi.

Edellä mainitun kaltaisissa tilanteissa sallitaan luokkaa E alempi suorituskyyky. Tällöin vaadittava suorituskyyky riippuu pysyvän siirtotien pituudesta taulukon 20 mukaisesti.

Pysyvän siirtotien pituus	Suorituskyykyluokka
$90 \text{ m} < L \leq 100 \text{ m}$	D
$100 \text{ m} < L \leq 155 \text{ m}$	C
$L > 155 \text{ m}$	Tasavirtasilmukkaresistanssi $\leq 19,0 \Omega/100 \text{ m}$

Taulukko 20 Yli 90 m pitkien alue- ja nousukaapelointien suorituskyykyluokat parikaapeleilla (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunniteluohje)

Toisin kuin parikaapeleilla toteutettavissa pysyvissä siirtoteissä, optisella kaapeloinnilla toteutetuissa pysyvissä siirtoteissä ei ole varsinaista rajoitusta kaapelien pituuksille. Kuitenkin optiselle kaapeloinnille on annettu vaimennusvaatimukset 1310nm ja 1550 nm aallonpituuksilla. Vaimennuksia koskevat vaatimukset on esitetty taulukossa 21.

Pysyvän siirtotien pituus	Vaimennus, enintään
$0 \text{ m} < L \leq 250 \text{ m}$	1,2 dB
$250 \text{ m} < L \leq 500 \text{ m}$	1,4 dB

Taulukko 21 Optisella kaapeloinnilla toteutettuja siirtoteitä koskevat vaimennusvaatimukset (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunniteluohje)

Optisen kaapeloinnin vaimennus voidaan laskea samaan tapaan kuin antennijärjestelmänkin tapauksessa. Optisille kaapeleille on ilmoitettu vaimennus yleensä

muodossa dB/km. Lisäksi kaikki liitokset aiheuttavat vaimennusta. Määräyksessä 65 E on kerrottu, että taulukon 21 mukaisiin vaimennuksiin sallitaan lisäksi +0,2 dB jokaista mekaanista jatkosta kohden. [28.]

6.5.1 Yleiskaapeloinnin johto- ja kaapelireiteillä noudatettavat etäisyydet sähkökaapeleihin

Parikaapeloinnilla toteutettu tiedonsiirto saattaa häiriintyä rinnakkain kulkevista sähkökaapeleista. Tästä syystä parikaapeleille on määritetty erotusvaatimuksien mukaan erotusluokkiin a, b, c ja d. Erotusluokat selitteineen löytyvät taulukosta 22.

Parikaapelin erotusluokitus	Suojaamaton parikaapeli: Epäsyyntävaimeennus (TCL) 30...100 MHz dB	Suojattu parikaapeli: Kytkevävaimeennus 30...100 MHz dB	Esimerkkejä mahdollisista tietyn erotusluokan parikaapeleista
d	$\geq 70 - 10 \times \lg(f)$	≥ 80	Cat 5, 6, 6 _A , 7, 7 _A S/FTP
c	$\geq 60 - 10 \times \lg(f)$	≥ 55	Cat 5, 6, 6 _A F/UTP, U/FTP
b	$\geq 50 - 10 \times \lg(f)$	≥ 40	Cat 5, 6, 6 _A U/UTP
a	$< 50 - 10 \times \lg(f)$	< 40	Alle Cat 5 tai tuntematon

Taulukko 22 Parikaapeleiden erotusluokitukset (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje)

Erotusluokituksen, sekä johtoteistä riippuva minimietäisyyden perusarvo löytyy taulukosta 23.

IT-kaapeli ja/tai Sähkökaapeli

S

Parikaapelin erotusluokitus	Parikaapelin ja sähkökaapelin välinen minimietäisyys S mm			
	Kaapeleiden välillä ei mitään suojarakennetta	Parikaapelit tai sähkökaapelit asennettuina omaiin metallisiin johtoteihinsä		
		Avoim johtotie (> 20 %)	Puoliavoim johtotie (≤ 20 %)	Umpinainen johtotie
d	10	8	5	0
c	50	38	25	0
b	100	75	50	0
a	300	225	150	0

Taulukko 23 Perusetäisyyden minimiarvon S määrittäminen (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje)

Lisäksi sähkökaapelissa kulkevasta virrasta riippuva kerroin P saadaan taulukosta 24.

Sähköverkon kaapelin ominaisuudet	1-vaihepiirien lkm	Kerroin P
20 A 230 V 1-vaihe 3-vaihekaapeli luetaan kolmeksi 1-vaiheiseksi Yli 20 A Luetaan 20 A:n monikerraksi	1...3	0,2
	4...8	0,4
	7...9	0,6
	10...12	0,8
	13...15	1
	16...30	2
	31...45	3
	46...60	4
	61...75	5
	> 75	6

Taulukko 24 Sähkövirran suuruudesta riippuvan kertoimen P määrittäminen (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje)

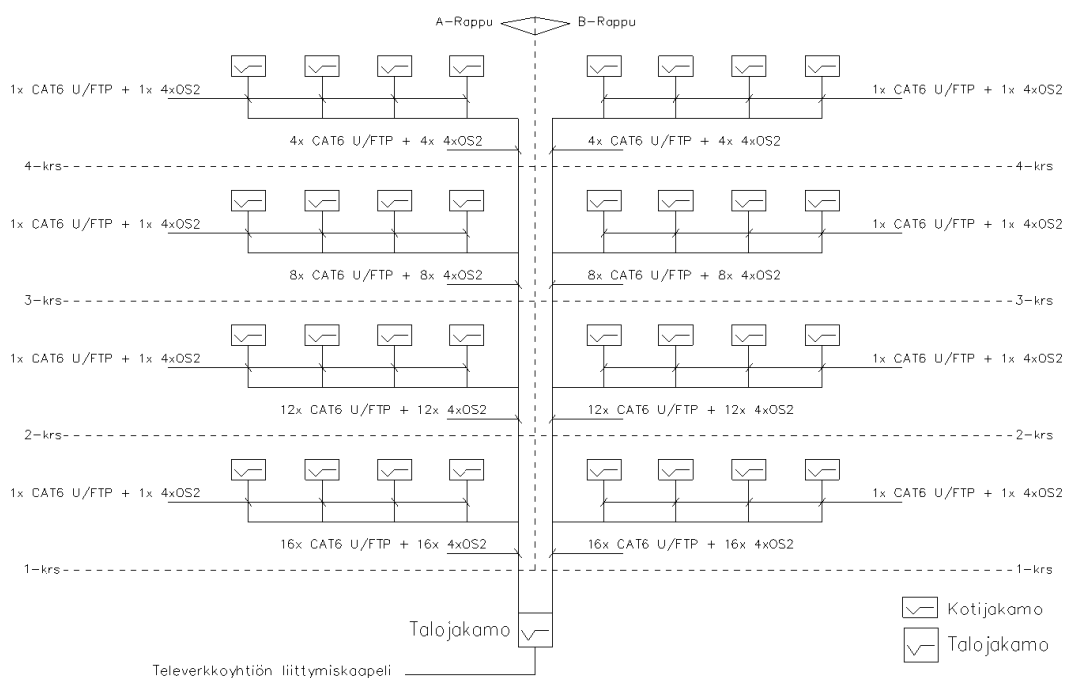
Näiden arvojen perusteella voimme laskea sähkö- ja parikaapeleiden välisen vaadittavan etäisyyden A seuraavasti:

$$A = P * S$$

[28.]

6.5.2 Esimerkki nousukaapeloinnin toteutuksesta

Käytetään esimerkissä luvun 6.4.1 mukaisia pituuksia nousu- ja kotikaapelointien osalta. Koska pituudet ovat kaikkialle alle 90 m talojakamolta, ei alijakamoille ole tarvetta. Tällöin nousukaapelointi toteutetaan suoraan talojakamolta kotijakamoille.



Kuva 11 Esimerkki asuntokohtaisesta nousukaapeloinnista

Kuvassa 11 on havainnollistettu esimerkki asuntokohtaisesta nousukaapeloinnista. Jokaisen asunnon kotijakamolle on kaapeloitu kotijakamolta oma kategorian 6 1x4p U/FTP-parikaapeli, sekä 4xOS2 optinen kuitukaapeli. Tämä toteutustapa täyttää määräyksen 65 E vaatimukset, mikäli ei ole saatavilla FTTP-liittymiä tai saatavuutta ei ole todennettu. Mikäli FTTP-liittymiä olisi saatavilla, voitaisiin nousukaapelointi toteuttaa pelkästään optisella kaapeloinnilla.

6.5.3 Esimerkki nousukaapelien etäisyyden laskemisesta sähkökaapeleihin

Lasketaan kuvan 11 mukaisessa tilanteessa parikaapeloinnin ja sähkökaapeloinnin välinen vaadittu etäisyys toisiinsa nähden. Oletetaan, että jokaiseen asuntoon menee oma, 3-vaiheinen sähkökaapeli, jossa kulkee virtaa korkeintaan 20 A. Molemmilla rapuissa on omat johtotiensä, joille asennetaan sekä parikaapelointi, että sähkökaapelointi. Johtotiellä kulkee siis yhteensä 16 kpl kolmivaiheista alle 20 A kuormitettua sähkökaapelia. Taulukon 24 mukaisesti yksi kolmivaihekaapeli luetaan kolmeksi yksivaiheiseksi kaapeliksi. Täten taulukon 24 mukainen 1-vaihepiirien lukumäärä on $3 \cdot 16 = 48$, eli kertoimen P arvo on 4. Koska parikaapeloinnin

tyyppi on U/FTP, on kaapelin erotusluokitus taulukon 22 mukaisesti c. Tämä on tarkistettava kaapelivalmistajan ilmoittamista tiedoista. Kun erotusluokitus on selvillä, saamme perusetäisyyden minimiarvoksi S taulukosta 23 arvon 50 mm. Nyt voidaan laskea vaadittu etäisyys A seuraavasti:

$$A = P * S = 4 * 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Tässä tapauksessa asentajan tulisi jättää vähintään 200 mm etäisyys pari- ja sähkökaapelien välille asentaessaan ne samalle johtoreitille.

6.5.4 Talojakamo

Talojakamo suunnitellessa on kiinnitettävä erityistä huomiota sen sijoituspaikkaan. Talojakamon sijainti vaikuttaa oleellisesti koko yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluun. Asuinkiinteistöihin tulee lähtökohtaisesti aina suunnitella oma erillinen tila talojakamolle. Ellei tämä ole mahdollista, kuten saneerauskohteissa tavanomaisesti ei ole, voidaan talojakamo asentaa yhteiseen tilaan esimerkiksi sähkökeskuksen kanssa. Mikäli talojakamo on sijoitettu yhteisiin tiloihin, tulee sen ovien olla lukittavissa yksilölliseen avaimeen perustuvalla lukituksella, tai muulla luotettavalla tavalla.

Talojakamon sekä sinne vievien kulkuväylien lukitus on järjestettävä niin, että kiinteistön omistajan tai haltijan antamalla oikeutuksella toimiva teleyritys tai -urakoitsija pääsee tarvittaessa viivytyksettä tilaan. [7] Lisäksi täytyy varmistua siitä, ettei jakamo sijaitse uloskäytävällä. Uloskäytäviin ei saa SFS6000-4-42 mukaisesti sijoittaa muita kuin tilaa tai sen turvallisuutta palvelevia laitteita. Jakamon sijoitus vaikuttaa oleellisesti myös johtoreittien suunnitteluun, jossa täytyy myös huomioida uloskäytävillä kulkevien kaapeleiden CPR-luokituksen olevan vähintään Cca, tai kaapeleiden on kuljettava vähintään palonkestävyysluokan EI30 mukaisessa rakenteessa, kuten kappaleessa 6.1 on kuvattu. Lisäksi talojakamolta jokaiselle kotijakamolle vedettävän parikaapeloinnin pituus ei saa ylittää 90 metriä, kuten kappaleessa 6.5 on kerrottu. Mikäli talojakamolle ei löydy sijoituspaikkaa, josta

olisi enintään 90 m etäisimmälle kotijakamolle, täytyy asentaa tarvittava määrä alijakamoita. Alijakamoiden tärkein tarkoitus on mahdollistaa enintään 90 m parikaapeloinnit rakennusten sisällä. Alijakamoita koskevat soveltuvilta osin samat vaatimukset kuin talojakamoakin.

Talojakamoon päätetään teleyritysten kaapelit sekä kiinteistön sisäiset runkokaapeloinnit. Optinen kaapelointi päätetään optisiin pätepaneeleihin käyttämällä APC-hiottuja LC- tai SC-liittimiä. Parikaapelointi päätetään RJ 45 -paneeleihin. Talojakamoon sijoitetaan tyypillisesti myös internetpalvelujen vaatimat laitteet, kuten esim. xDSL-keskittimet, reitittimet ja Ethernet-kytkimet. Usein myös antennijärjestelmän tähtipiste sekä vahvistimet sijoitetaan talojakamoon.

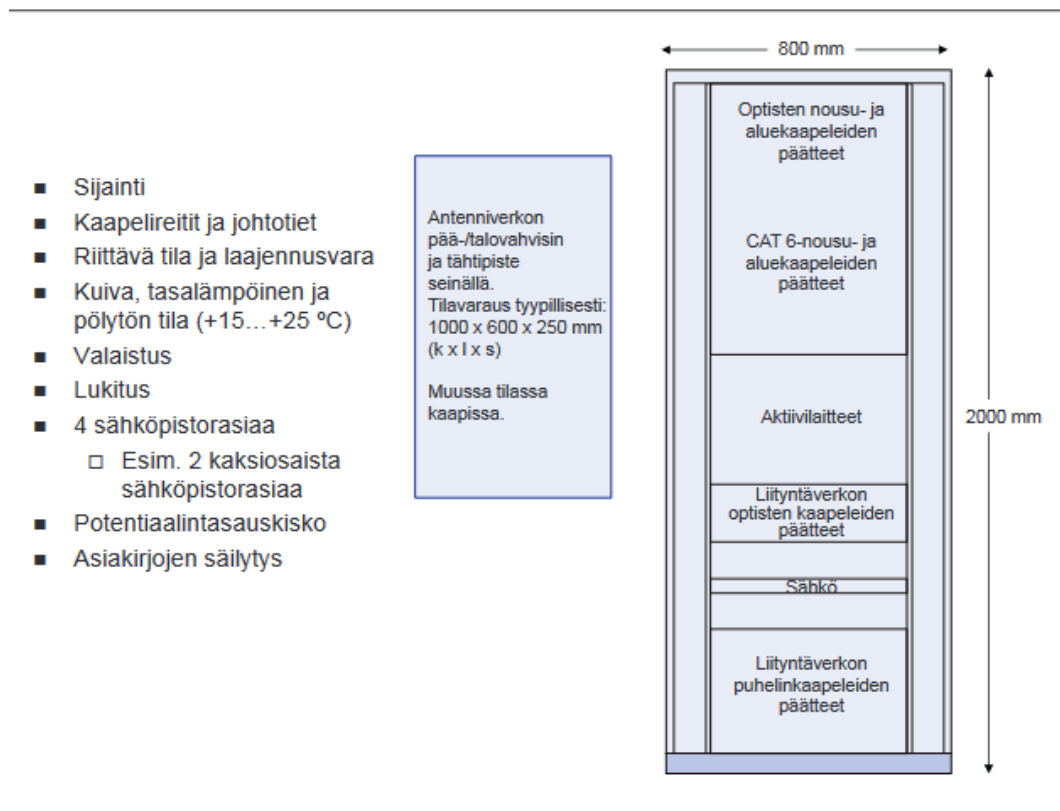
Talojakamokaapin tai -telineen mitoitus riippuu päätettyjen kaapeleiden määrästä. Kerrostaloissa tyypillinen kaappikoko on 800 mm x 2000 mm x 600 mm (leveys x korkeus x syvyys). Kaappien mitoituksessa suositeltavaa on myös ottaa huomioon 40 % laajennusvaraa. Kaapin kokoa voi tarvittaessa arvioida laskemalla montako paneelia on tarve asentaa. Paneelien koot ilmoitetaan yksikössä U, joka vastaa 44 mm korkeutta. Yleensä alle 50 huoneiston kerrostaloyhtiössä edellä mainittu 800 mm x 2000 mm x 600 mm kokoinen kaappi on riittävä, ja sinne on mahdollista asentaa myös yhteisantennijärjestelmän tähtipiste vahvistimineen.

Kaapin varustukseen kuuluu yleensä vähintään:

- 4 sähköpistokepaikkaa
- Potentiaalintasauskisko
- Optisten nousu- ja aluekaapeleiden päätteet'
- CAT 6-nousu- ja aluekaapeleiden päätteet
- Aktiivilaitteet
- Liityntäverkon optisten- ja puhelinkaapeleiden päätteet

Lisäksi kaikki talo- ja alijakamot tulee yhdistää rakennuksen päämaadoituskiskoon. Jokaiselle kaapille täytyy vetää oma potentiaalintasausjohtimensa, eikä potentiaalintasausta saa ketjuttaa jakamoiden välillä. Kaappien ja telineiden kuparisten potentiaalintasausjohtimien poikkipinnoille on annettu seuraavat vähimmäisvaatimukset EN50310 ja SFS 6000-4-44 mukaan:

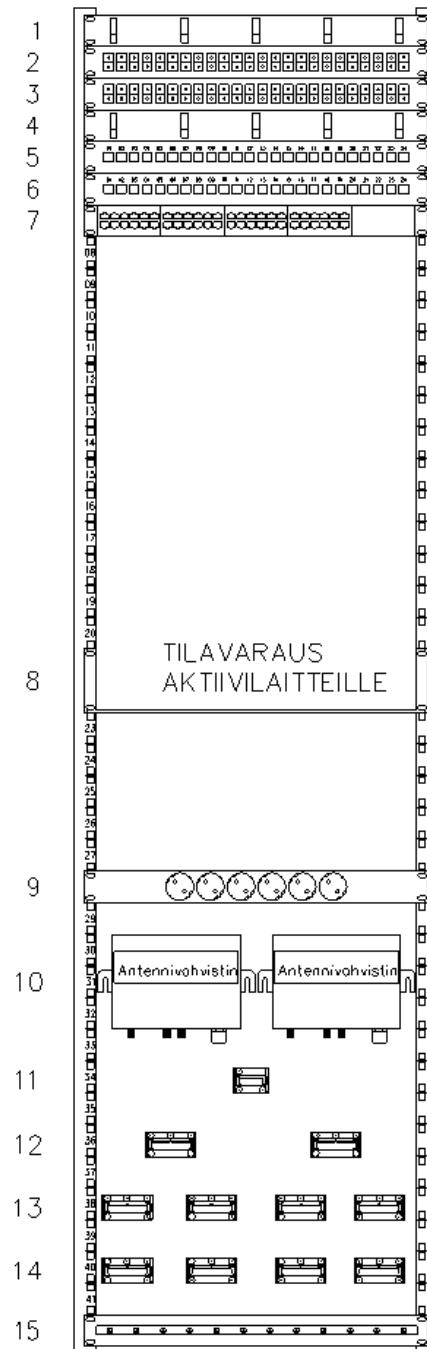
- Korkeintaan 21 U:n kokoisille kaapeille tai telineille vähintään 4 mm². Usein käytetään poikkipinnaltaan 6 mm² johtimia.
- Yli 21 U:n kaapeille ja telineille vähintään 16 mm²



Kuva 12 Esimerkki talojakamon kalustuksesta (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje)

Kuvassa 12 on yksi esimerkki talojakamon kalustuksesta. Kuvassa antenniverkon tähtipiste vahvistimiseen on sijoitettu seinälle. [28.] Antennijärjestelmän tähtipiste on mahdollista sijoittaa myös talojakamon yhteyteen kuvan 13. tapaan.

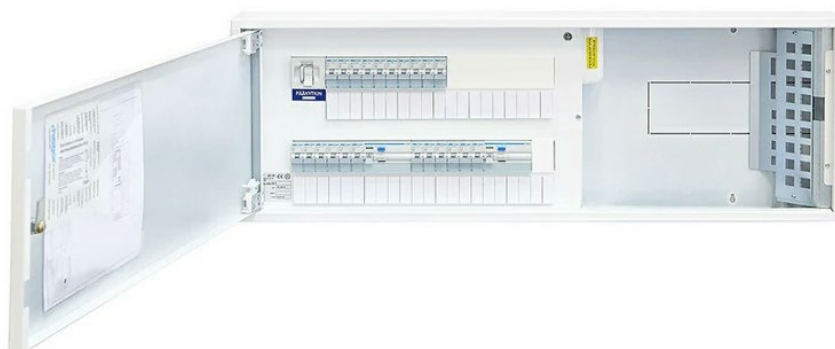
PANEELINRO	PANEELI
1	Ohjuripaneeli
2	Kuitupaneeli
3	Kuitupaneeli
4	Ohjuripaneeli
5	RJ45-paneeli
6	RJ45-paneeli
7	Kytkin
8	Laiteshylly 2U
9	Pistorasiapaneeli
10	Antennivahvistimet 2kpl
11	Jaotin kahteen, 1kpl
12	Jaotin neljään, 2kpl
13	Jaotin neljään, 4kpl
14	Jaotin neljään, 4kpl
15	Maadoituspaneeli



Kuva 13 Esimerkki talojakamon kalustuksesta, kun antenniverkon tähtipiste on asennettu jakamokaappiin. (Sähköasennus Pohjanmaa Oy)

6.5.5 Kotijakamot

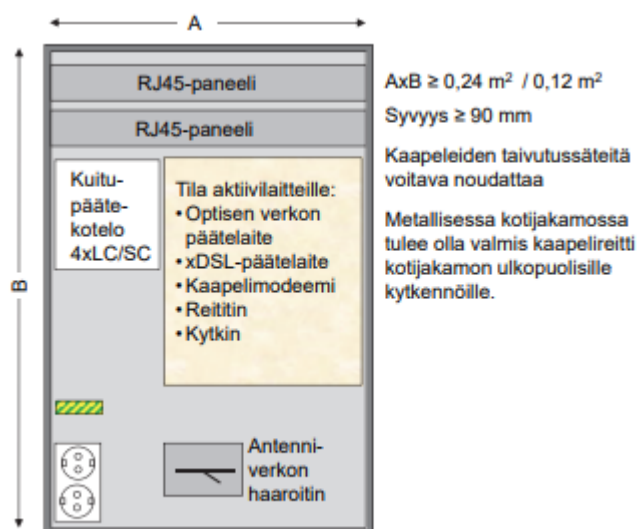
Jokaiseen asuinhuoneistoon on suunniteltava kotijakamo. Kotijakamoon pääteään nousukaapelointi ja kotikaapelointi. Sen yhteyteen tyypillisesti asennetaan myös reititin, kytkin tai kaapelimodeemi sekä optisen verkon päätelaite ja antennijärjestelmän haaroitin. Kotijakamo voi olla oma erillinen kaappinsa, tyypillisesti sähkökeskuksen vieressä. Kotijakamo voi olla myös samaa rakennetta asuinhuoneiston ryhmäkeskuksen kanssa. [28] Kerrostaloyhtiöiden saneerauksissa, joissa uusitaan huoneiston ryhmäkeskus, on usein kustannustehokasta ottaa erillisen jakamon ja ryhmäkeskuksen sijasta ns. ”yhdistelmäkeskus”, jossa ryhmäkeskuksen yhteyteen on rakennettu erillinen osio kotijakamoa varten. Yhdistelmäkeskuksissa on tyypillisesti valmiiksi asennettu RJ45-paneeli sekä kaksiosainen pistorasia, kuten kuvassa 14. Kuvassa 14 olevassa UTU:n yhdistelmäkeskuksessa on myös oma paneeli SC- ja LC-liittimille.



Kuva 14 UTU IT-Pointer -yhdistelmäkeskus (Kuva UTU Oy)

Yhdistelmäkeskusten kotijakamo-osio on yleensä myös mitoitettu määräysten mukaiseksi. Kotijakamon pinta-alan täytyy määräyksen 65 E mukaisesti olla uudistamiskohteissa vähintään 0,12 m², sekä hyötysyvyyden vähintään 90 mm. Lisäksi yhdistelmäkeskuksen tapauksessa ei tarvitse asentaa erillistä potentiaalintasausjohdinta, sillä keskusvalmistaja on jo valmistusvaiheessa hoitanut rungon maadoituksen.

Kotijakamossa parikaapelit päätetään RJ45-liittimin ja optinen nousukaapelointi päätetään LC- tai SC-liittimillä varustettuun päätekoteloon. [28]. Talojakamolta tuleva CAT 6 -kaapeli, joka on päätetty RJ45-liittimeen, merkitään tavallisesti numerolla 1. Lisäksi suoritetaan ns. ”valmiuskytkentä”, jossa talojakamolta tuleva pari-kaapelointi yhdistetään kytkentäkaapelilla yhteen kotikaapelointiin, joka on päätetty datarasiassa RJ45-liittimeen. Kytkentäkaapelien osalta on huolehdittava, että ne ovat suorituskyvyltään samoja, kuin kiinteästi asennettu kaapelointi. [29.]



Kuva 15 Esimerkki kotijakamon kalustuksesta (ST 681.11 Asuinkiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä kerrostaloyhtiöiden linjasaneeraushankkeissa sähköurakoitsijan kannalta relevantti tietopaketti määräysten ja erilaisten käytäntöjen noudattamisesta. Kerrostaloyhtiöiden sähkö- ja viestintäjärjestelmien saneeraus on aihealueena todella laaja ja monipuolinen, joten sen suunnitteluun ja toteutukseen ei ole mahdollista luoda täysin yleispäteviä ohjeita. Tässä työssä on kuitenkin käyty perusteellisen laajasti läpi vanhoja asennuskäytänteitä, niihin liittyviä erityishuomioita, sekä taustoja ja eri järjestelmien suunnittelussa noudatettavia pääperiaatteita.

Kerrostaloyhtiön sähkö- ja viestintäjärjestelmien saneeraushanke ei missään tapauksessa etene aina samaan tapaan, vaan ne ovat aina kiinteistökohtaisesti yksilöllisiä. Joissain tapauksissa voi riittää pelkkä sähköjärjestelmien uusiminen, kun taas toisessa tapauksessa täytyy uusita koko sähköjärjestelmä sekä yleiskaapelointi. Kolmannessa taas täytyy uusita sekä sähköt, yleiskaapelointi, että antennijärjestelmä. Saneeraushankkeen suunnittelussa onkin tärkeää aina selvittää kunkin järjestelmän tila ja sopia tilaajan kanssa laajuudesta. Monesti näissä hankkeissa tarvitaan myös eri ammattikuntien työpanosta onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Esimerkiksi johtoreittejä varten tarvitaan timanttiporausta, kuituja varten kuituhitsaajaa, mahdollisten jälkien peittämiseksi maalaria jne. Hyvällä suunnittelulla saavutetaan sujuva työskentely läpi hankkeen.

Työssä vaikeinta oli löytää juuri saneerauksen kannalta relevanttia tietoa, sillä suurin osa kirjallisuudesta ottaa kantaa ainoastaan uudisrakentamiseen. Lisäksi yleiskaapelointiin ja optisiin järjestelmiin täytyi paneutua tämän opinnäytetyöprosessin aikana huolellisesti, sillä nämä järjestelmät eivät olleet ennestään minulle niin tuttuja, kuin sähköjakelujärjestelmät.

Yhteenvedona todettakoon, että opinnäytetyö onnistui hyvin. Onnistuin kokoaamaan tärkeimmät pääperiaatteet tähän työhön niin, että työtä pystyy tulevaisuudessa käyttämään apuna sähkösaneeraushankkeiden suunnittelussa ja toteutuksissa.

LÄHDELUETTELO

- [1] SFS Ry, "Sähkö ja elektroniikka," SFS Ry, [Online]. Available: <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/sahko-ja-elektroniikka/>. [Haettu 3 11 2023].
- [2] "1135/2016 Sähköturvallisuuslaki," [Online]. Available: <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20161135>.
- [3] Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, "Määräys 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista," 21 12 2022. [Online]. Available: https://www.finlex.fi/data/normit/48858/M_65_E2022_M.pdf. [Haettu 10 11 2023].
- [4] E. Tiainen ja J. Kauppila, ST 51.05 Sähköasennusmääräykset 1930-luvulta nykypäivään, Espoo: Sähkötieto ry, 2023.
- [5] P. Hakala ja J. Kauppila, ST 51.04 Johdinvärit 230/400 V:n järjestelmissä, Espoo: Sähkötieto ry, 2023.
- [6] Työsuojelu.fi, "PAH-yhdisteitä sisältävät rakennusmateriaalit huomioitava purkukohteissa," Työsuojelu.fi, 11 4 2019. [Online]. Available: <https://tyosuojelu.fi/-/pah-yhdisteita-sisaltavat-rakennusmateriaalit-huomioitava-purkukohteissa>. [Haettu 4 11 2023].
- [7] Sähköliitto, "Syöpävaara töissä," Sähköliitto, [Online]. Available: <https://sahkoliitto.fi/tyosuojelu/asbestista/>. [Haettu 4 11 2023].
- [8] V. Naskali, J. Ristilä ja V. Erkkilä, ST 98.30 Antennijärjestelmän kunnostus, Espoo: Sähköinfo ry, 2023.

- [9] P. Ahtola ja P. Härkönen, ST 97.00 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien kuntoarvio ja -tutkimus, Espoo: Sähkötieto ry, 2018.
- [1 P. Koivisto ja V. Reinikainen, ST 98.11 Asuinkiinteistön sisäverkon
0] kuntotutkimusohje, Espoo: Sähkötieto ry, 2023.
- [1 P. Ahtola, ST 97.10 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien kuntotutkimus.
1] Asennus- ja apujärjestelmät, Espoo: Sähkötieto ry, 2018.
- [1 P. Ahtola, ST 97.20 Sähkötekniisten järjestelmien kuntotutkimus.
2] Sähköenergian tuotanto, liittäminen ja pääjakelu, Espoo: Sähkötieto ry, 2018.
- [1 K. Kuvaja, ST 97.30 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien kuntotutkimus.
3] Laitteiden ja laitteistojen sähköistys, Espoo: Sähkötieto ry, 2019.
- [1 K. Kuvaja, ST 97.40 Sähkötekniisten järjestelmien kuntotutkimus.
4] Sähkönliitäntäjärjestelmät, Espoo: Sähkötieto ry, 2019.
- [1 S. Puhakka ja T. Kallasjoki , ST 97.50 Sähköjärjestelmien kuntotutkimus.
5] Valaistus ja valaistusjärjestelmät, Espoo: Sähkötieto ry, 2017.
- [1 P. Hakala, ST 51.13 Kaapelihyllyt, -tikkaat ja valaisinripustinkiskot, Espoo:
6] Sähkötieto ry, 2014.
- [1 SFS 6000-8-801:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-801: Täydentävät
7] vaatimukset. Jakeluverkot, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2022.
- [1 SFS 6000-7-729:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-729: Erikoistilojen
8] ja -asennusten vaatimukset. Sähkökeskusten asentaminen, Suomen
Standardisoimisliitto SFS, 2022.

- [1 SFS6000-8-802:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa8-802: Täydentävät
9] vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt, Suomen
standardisoimisliitto SFS, 2022.
- [2 ”733/2020 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä
0] ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä,” [Online].
Available: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2020/20200733>.
- [2 E. Finni, J. Hietaniemi, R. Karppinen ja T. Eckert, ST 13.31 Rakennuksen
1] sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen, Espoo: Sähkötieto ry,
2021.
- [2 SFS-EN IEC 61439-1:2022 Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset,
2] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2022.
- [2 L. Timlin, ”SÄHKÖKESKUKSEN OIKOSULKUKESTOISUUS,” 2020. [Online].
3] Available:
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/336144/Timlin_Lauri.pdf?sequence=5&isAllowed=y. [Haettu 20 12 2023].
- [2 J. Vappula, ”Oikosulkuvirran laskenta,” 2020. [Online]. Available:
4] https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/338152/Vappula_Jonne.pdf?sequence=2&isAllowed=y. [Haettu 20 12 2023].
- [2 Vaasan Sähköverkko, ”Näin liityt sähköverkkoon,” [Online]. Available:
5] https://www.vaasansahkoverkko.fi/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/Ohjeita-omakotitalorakentajalle_Vaasan-Sahkoverkko.pdf. [Haettu 20 12 2023].
- [2 J. Ristilä ja V. Erkkilä, ST621.10 Yhteisantennijärjestelmät. Suunnitteluohje,
6] Espoo: Sähkötieto ry, 2023.

- [2 V. Erkkilä, J. Ristilä, V. Mikkilä, J. Paananen, Karastie Jouko, P. Koivisto, V. 7] Naskali, P. Suikkanen, Y. Hämäläinen, T. Hovatta, J. Joki, P. Härkönen ja A. Sirviö, ST-Käsikirja 12 Antennijärjestelmät, Espoo: Sähkötieto ry, 2023.
- [2 P. Koivisto ja V. Reinikainen, ST 681.11 Asuinkiinteistön 8] yleiskaapelointijärjestelmän suunnitteluohje, Espoo: Sähkötieto ry, 2023.
- [2 P. Koivisto, ST-käsikirja 16 Yleiskaapelointijärjestelmät, Espoo: Sähkötieto ry, 9] 2019.